S. M. ŞALIUTIN ■ E. KOLMAN ■ B. S. UCRAINŢEV ■ A. I. BERG
A. V. HRAMOI ■ V. A. ILIN ■ V. N. KOLBANOVSKI ■ P. K. ANOHIN
V. N. TIPUHIN ■ A. A. FELDBAUM ■ I. I. AKSENOV

probleme teoretice ale cibernetici

EDITURA ŞTIINŢIFICĂ

Cibernetica şi sfera ei de aplicaţie

S. M. ŞALIUTIN
candidat în ştiinţe filozofice

1. Despre obiectul ciberneticii

Dezvoltarea ştiinţei contemporane este caracterizată prin două tendinţe opuse, dar legate între ele. Pe de o parte, o dată cu dezvoltarea practicii umane, se descoperă noi domenii ale realităţii, cu legi specifice, inerente numai lor. Aceste domenii devin obiecte de studiu al unor noi ramuri ale ştiinţei. Fiecare dintre aceste ramuri ale cunoaşterii, acumulînd tot mai multe fapte şi cercetîndu-şi tot mai profund obiectul, pe baza acestor fapte, dobîndeşte o autonomie relativă, se separă de celelalte ştiinţe, adică are loc procesul de diferenţiere a ştiinţelor. Pe de altă parte, studiul aprofundat al fiecărui domeniu din această lume variată, departe de a-i infirma unitatea, o confirmă şi o dezvăluie tot mai adînc. Dispar liniile de demarcaţie fixe, stabilite artificial, iar opoziţiile care, la prima vedere, par inconciliabile, se arată a fi legate între ele. Particularul este inseparabil de general. Diversele sfere ale activităţii sînt despărţite unele de altele prin legile lor specifice, fiind însă totodată legate prin anumite legi comune, a căror punere în evidenţă determină apariţia celor mai surprinzătoare analogii şi a disciplinelor sintetice.

Pe această bază iau naştere şi se dezvoltă două grupuri de ştiinţe. Este cunoscut că formele superioare ale mişcării le conţin pe cele inferioare, într-o stare depăşită şi suprimată. Ca rezultat, apar ştiinţe care studiază particularităţile unei forme inferioare de mişcare, în condiţiile subordonării ei faţă de una superioară. De exemplu, biochimia studiază procesele chimice care au loc în organismul viu. Aceasta, în primul rînd.

În al doilea rînd, s-a stabilit că unele trăsături şi laturi proprii formelor de mişcare inferioare se repetă într-o serie de obiecte care participă la forme de mişcare superioare. Astfel, pot produce

oscilaţii sau vibraţii sisteme mecanice, dar şi sisteme electrice, sau de altă natură. Pe această bază s-a constituit şi s-a dezvoltat teoria oscilaţiilor, care studiază ceea ce este comun diverselor oscilaţii şi vibraţii, indiferent de natura calitativă a obiectului care oscilează sau vibrează. Analog, fizica statistică studiază anumite legi generale ale proceselor de schimb de căldură, evaporare, magnetizare, emisie a luminii etc., caracteristice pentru diverse forme de mişcare.

Cibernetica a apărut, şi ea, pe căi similare. Unul dintre întemeietorii ei, Norbert Wiener, a denumit-o studiul teoretic al controlului şi al comunicaţiei în maşină şi în organismul viu. Se obişnuieşte să i se dea obiectului ciberneticii o definiţie şi mai largă: domeniul comenzii, controlului şi comunicaţiei într-un sistem arbitrar. Analiza conţinutului ciberneticii arată că ea cercetează diversele sisteme de comandă şi control, dezvăluindu-le trăsăturile generale care nu depind de substratul material al acestor sisteme, adică se pot manifesta şi în natura nevie, şi în lumea organică, şi în colectivităţile omeneşti.

Firește, apariţia unei asemenea direcţii în gîndirea ştiinţifică a atras asupra sa atenţia specialiştilor, precum şi a opiniei publice largi. Cibernetica s-a pomenit deodată cu mulţi prieteni autentici şi aparenţi, şi cu tot atîţia adversari făţişi. Unii dintre ei se îndoiesc de posibilitatea unei ştiinţe nefilozofice, ale cărei legi să poată fi aplicate unor obiecte participînd la indiferent ce formă de mişcare. Obiecţia este însă lipsită de temei, deoarece astfel de ştiinţe există de mult. Printre ele se numără, în primul rînd, matematica, de care cibernetica este legată printr-o seamă de trăsături comune.

Cibernetica este pătrunsă de matematică: din arsenalul mijloacelor ei fac parte algebra booleană, teoria algoritmilor şi alte capitole ale matematicii. Apariţia şi dezvoltarea ciberneticii, au stimulat dezvoltarea teoriei matematice a informaţiei, care este o parte a teoriei probabilităţilor. Obiectul ciberneticii este de aşa natură, încît admite şi impune o prelucrare mai cu seamă matematică. Dar aceasta încă nu înseamnă că cibernetica ar fi un capitol al matematicii. Menţionăm că, dacă cibernetica ar fi o parte a matematicii nu ar exista o problemă specială a obiectului ei, a relaţiilor ei cu celelalte ştiinţe. Problema s-ar reduce la aceea a rolului matematicii în raport cu celelalte ştiinţe. Ce e drept, dezvoltarea ciberneticii a pus această problemă într-un

mod deosebit. Dar nici aceasta nu înseamnă că cibernetica şi matematica ar fi unul şi acelaşi lucru.

După cum se ştie, obiectul matematicii îl constituie relaţiile cantitative şi formele spaţiale ale lumii reale. Matematicii îi este indiferentă natura obiectelor ale căror relaţii cantitative le cercetează, după cum nu o preocupă nici conţinutul formelor spaţiale. $2,5 \times 2 = 5$ este o relaţie matematică, iar pentru matematică nu are nici o importanţă dacă este vorba despre 2,5 kilometri de drum, litri de lichid sau ruble.

Desigur, aceasta nu înseamnă că relaţia cantitativă de mai sus ar avea un caracter universal. De exemplu, nu pot exista 2,5 atomi sau 2,5 cuante de energie. În realitate, cantitatea nu este ruptă de calitate. Şi o caracteristică cantitativă, oricît ar fi ea de abstractă, este întotdeauna caracteristica unui conţinut pe deplin determinat, chiar dacă extrem de general. În schimb, problema dacă există sau nu o jumătate de atom nu mai priveşte matematica, ci fizica.

Matematica modernă a mers considerabil mai departe pe calea abstractizării decît cea clasică. Aceasta este deosebit de caracteristic pentru capitole ca topologia, teoria mulţimilor, diversele geometrii (în general cu n dimensiuni) construite axiomatic.

Esenţa abstractă a matematicii se exprimă pregnant în ideea de izomorfism, în posibilitatea interpretărilor variate ale unei aceleiaşi teorii matematice. O teorie matematică aplicabilă unui anumit sistem de obiecte este automat aplicabilă şi oricărui alt sistem, izomorf cu acesta. Astfel, dacă două grupuri de obiecte total diferite sînt cuprinse de un acelaşi sistem de axiome, va fi valabilă pentru ele şi întreaga teorie deductivă obţinută din respectivul sistem. Din acest punct de vedere, bunăoară, toate interpretările geometriei lui Lobacevski sînt echivalente.

Axiomele şi, în genere, teoriile pe care le dezvoltă geometria sînt interpretate astăzi nu numai ca relaţii spaţiale (în sens fizic), ci şi ca relaţii de orice altă natură. De exemplu, prin spaţiu al fazelor cu n dimensiuni înţelegem orice mulţime continuă de stări ale unui sistem dat, avînd n grade de libertate, adică dependent de n variabile. În aceste condiţii, punctele, curbele, segmentele nu sînt forme spaţiale. De exemplu, simţul normal al văzului normal la om este tricromatic. Orice senzaţie de culoare C este suma a trei senzaţii fundamentale: roşu R, verde V şi albastru A, avînd fiecare intensităţi x, y, z determi-

nate, astfel că $C=xR+yV+zC$. Aceasta înseamnă că unei culori, unui ansamblu de culori, putem face să-i corespundă o mulţime de puncte în spaţiul tridimensional.

A	*B*
Punct	Culoare
Curbă	Variaţia continuă a culorii
Segment de dreaptă	Şir continuu de culori, obţinut prin amestecarea a două culori în proporţii diferite.

Tot ce ne oferă teoria matematică a spaţiului fazelor cu trei dimensiuni este adevărat, în aceeaşi măsură, pentru o mulţime de puncte în spaţiul tridimensional, ca şi pentru un ansamblu de culori.

În mod analog, putem asocia mulţimea tuturor stărilor posibile ale unui gaz dintr-un cilindru cu piston şi spaţiul fazelor cu două dimensiuni.

A	*B*
Mulţimea tuturor stărilor posibile ale gazului	Spaţiul bidimensional
Stările gazului	Puncte
Presiunea şi temperatura	Coordonatele *x*, *y*
Schimbarea continuă a stării etc.	Curbă

Fiecărei relaţii de la rubrica *A* îi corespunde o relaţie determinată din rubrica *B*, şi invers. Aceste relaţii au aceeaşi descriere matematică; identitatea matematică dintre diversele sisteme de obiecte arată identitatea structurii lor abstracte şi a relaţiilor lor cantitative. Teoriile matematice fac abstracţie de orice fel de deosebiri, în afara celor privind anumite laturi ale structurii şi ale relaţiilor cantitative.

Posibilitatea confruntărilor de acest fel constituie baza modelării matematice, în care un anumit proces fizic este cercetat cu ajutorul studiului unui proces fizic de altă natură, dar descris de aceleaşi ecuaţii matematice.

Dacă analogia dintre cele două sisteme se reduce (cum am văzut în exemplele de mai sus) la faptul că cele două sisteme prezintă laturi corespunzătoare, între care se pot stabili relaţii cantitative identice, avem a face cu o analogie pur matematică. Matematica nu consideră un obiect determinat, în mod exhaustiv, şi nici măcar o anumită latură a conţinutului obiectului (a

vederii în culori, a stării unui gaz), ci relaţiile cantitative nelegate de conţinutul concret al obiectului.

Desigur, printre procesele care au aceeaşi descriere matematică există şi unele a căror analogie nu se reduce la atît, dar, după cum am menţionat, pentru matematică aceasta este indiferent. Să luăm, de exemplu, procesele oscilatorii la care pot participa, după cum am arătat, sisteme de natură fizică diferită — mecanice, electrice etc. —, pe care le studiază teoria oscilaţiilor. Dacă vom compara două sisteme A_1, un pendul cu arc, care efectuează oscilaţii libere, şi A_2, un circuit oscilant cuprinzînd o capacitate şi o inductanţă, vom constata, în primul rînd, că ambele sisteme au aceeaşi descriere matematică, deşi între ele există şi deosebire.

Vom vedea că amîndouă formează, ca şi mulţimea tuturor stărilor posibile ale unui gaz dintr-un cilindru cu piston, un spaţiu de faze bidimensional. Dar putem oare să spunem că oscilaţiile pendulului şi oscilaţiile circuitului nu au mai multe elemente comune decît oscilaţiile unui pendul şi, să zicem, mulţimea de puncte din plan? Bineînţeles că nu. În cazul de care ne ocupăm, asemănarea nu este numai cantitativă, ci şi, parţial, calitativă. Firește, aceasta nu înseamnă că cele două procese ar avea aceeaşi natură calitativă. Dimpotrivă, ele sînt calitativ diferite. Într-un caz, avem un sistem mecanic, care se supune legilor mecanicii, în al doilea caz, avem un sistem electric, subordonat legilor electrodinamicii. Aceste legi nu se reduc unele la celelalte, adică în fiecare dintre ele este exprimată o relaţie specifică între fenomene. Dar hotarele dintre calităţi, inclusiv cele dintre formele de mişcare calitativ diferite ale materiei, nu sînt absolute, ci relative. Un obiect mai complicat, a cărui formă de existenţă este o formă mai înaltă a mişcării materiei, repetă în mişcarea sa unele trăsături proprii formelor inferioare. „Repetarea, într-un stadiu superior, a anumitor trăsături, însuşiri etc. din stadiul inferior..."[1] constituie un element integrant al dialecticii. Printre aceste trăsături care se repetă, se numără şi capacitatea de a efectua o mişcare oscilatorie. În starea de mişcare oscilatorie se pot afla şi un sistem mecanic, şi o particulă elementară etc. Fiecare dintre aceste mişcări este profund specifică, dar toate prezintă trăsătura comună de a fi oscilatorii sau vibratorii. Din această fundamentală asemănare obiectivă, care este un element,

[1] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 38, Ed. Politică, Bucureşti, 1959, p. 216.

o latură a determinației calitative a procesului, rezultă o serie de trăsături secundare, comune tuturor proceselor oscilatorii.

Laturile corespondente ale proceselor oscilatorii de natură fizică diferită sînt în relații cantitative identice și *joacă, totodată, cam același rol, îndeplinesc o funcțiune analogă.* Asemănarea dintre frecarea într-un sistem mecanic și rezistența ohmică activă dintr-un circuit oscilant este, într-o anumită măsură, calitativă : și una și cealaltă determină o amortizare a oscilațiilor (deși acestea sînt de natură diferită), și una și cealaltă determină o transformare a energiei oscilațiilor în căldură etc.

Pentru matematică însă, aceste fapte nu prezintă importanță ca atare. În cazul de față, ea se interesează numai de ecuația diferențială propriu-zisă, de trăsăturile ei caracteristice ca ecuație diferențială liniară, de metodele rezolvării ei. În schimb, faptul că o ecuație de acest tip este adecvată pentru descrierea unor procese fizice diverse nu se situează în sfera matematicii, ci în aceea a fizicii. Iar teoria oscilațiilor, deși este pătrunsă de matematică într-un grad înalt și deși legile pe care le pune în evidență au, în fond, un caracter cantitativ, nu este o parte a matematicii sau un capitol al ei, ci o disciplină autonomă, ce e drept foarte abstractă, dar considerabil mai concretă decît matematica. „Pentru a putea cerceta aceste forme și raporturi (formele spațiale și relațiile cantitative. — *N. A.* în puritatea lor, e necesar ca ele să fie *complet* (sublinierea îmi aparține. — *N. A.*) despărțite de conținutul lor, care trebuie neglijat ca ceva indiferent“ [2].

Tocmai această indiferență totală față de conținut caracterizează matematica, ca știință particulară. Dimpotrivă, acolo unde relațiile cantitative nu pot fi separate total de conținut, nu mai avem a face cu matematica, ci cu o altă disciplină, mai concretă, la a cărei denumire adăugăm cîteodată adjectivul „matematică“, marcînd prin aceasta numai că metodele matematice joacă, în cadrul ei, un rol hotărîtor.

Așadar, pe de o parte, cunoștințele științifice actuale sînt conținute în discipline care studiază relații cantitative, total desprinse de conținutul lor calitativ (algebra, teoria mulțimilor, teoria numerelor, topologia etc.). Aceste discipline sînt părți, capitole ale matematicii. Pe de altă parte, există domenii de cercetare, și ele extrem de abstracte, care nu țin seama de substratul material concret al unor anumite relații, dar păstrează

[2] F. Engels, *Anti-Dühring*, ediția a III-a, E.S.P.L.P., București, 1955, p. 48.

în cîmpul lor vizual laturi determinate ale conținutului, pe care le studiază cu ajutorul unui aparat matematic (teoria oscilațiilor, termodinamica etc.). Aceste din urmă discipline au un obiect propriu, diferit de cel pe care-l cercetează matematica. Căruia dintre aceste două tipuri de științe, strîns legate între ele, îi aparține cibernetica ?

Pentru rezolvarea acestei probleme, trebuie să stabilim în ce constă elementul comun pe care cibernetica îl studiază în diverse sisteme. Urmărește oare cibernetica numai asemănarea dintre relațiile cantitative din cadrul sistemelor de care se ocupă, sau include în sfera sistemelor pe care le consideră și anumite laturi care să caracterizeze calitativ aceste sisteme ? Elementul comun, caracteristic pentru orice sistem cibernetic este, după concepția noastră, în primul rînd *sarcina* pe care o rezolvă obiectiv sistemul considerat. Această sarcină este *comanda.*

În cazul cel mai simplu, comanda și complementul ei, *controlul* constau în stabilizare. Orice proces, oricît ar fi de intensă desfășurarea sa și oricît de mare fluența ce-l caracterizează, posedă anumiți *parametri,* adică anumite mărimi care nu variază, care rămîn constante în cadrul respectivului proces (sau care oscilează între limite foarte apropiate). Variația acestor parametri la un sistem tehnic provoacă fie un rebut, fie ieșirea din funcțiune a sistemului însuși. Pentru organism aceste constante caracterizează starea normală, spre deosebire de una patologică. Astfel, în diverse procese tehnologice, trebuie menținute la un nivel constant temperatura, presiunea, compoziția chimică etc. De asemenea, în producția industrială : pentru a obține laminate de o grosime perfect determinată, piese de o greutate anumită etc., trebuie satisfăcute mai multe condiții. În toate aceste cazuri, procesul tehnologic prevede respectarea riguroasă a unor parametri determinați, iar sarcina reglajului (automat sau neautomat) constă în *stabilizarea,* adică în conservarea, în menținerea acestor parametri.

Același lucru este valabil și în privința lumii organismelor vii. Și ele se caracterizează printr-o serie de constante. Dintre acestea fac parte, de exemplu, temperatura corpului, tensiunea sanguină, compoziția chimică a unor anumite celule și țesuturi etc. Organismul viu nu ar putea funcționa normal, dacă nu ar poseda mecanisme care să asigure stabilitatea acestor parametri.

Așadar, pentru funcționarea normală a unui sistem tehnic, precum și a unuia biologic, este necesară constanța unor anumite mărimi. Dar atît în interiorul organismului, cît și în al mașinii,

procesele se desfăşoară în anumite condiţii care le influenţează, care acţionează asupra lor. Condiţiile exterioare acţionează şi ele asupra lor în direcţia modificării acestor parametri. De exemplu, mediul „tinde" să reducă temperatura corpului, sau să „ridice" temperatura unui frigider pînă la propria sa temperatură ; diversele substanţe nutritive pot să determine, în lipsa unor anumite mecanisme de reglare, modificări esenţiale ale compoziţiei sîngelui etc. Pe scurt, un sistem lăsat pe seama sa se dezorganizează tot mai mult, se „dezaxează", adică devine din ce în ce mai puţin ordonat. În fizică, procesele de acest gen îşi găsesc o expresie extrem de generală în principiul al doilea al termodinamicii, conform căruia entropia unui sistem izolat tinde către un maximum, adică sistemul lăsat pe seama lui trece de la o stare mai puţin probabilă la alta mai probabilă.

Reglajul contracarează această tendinţă spre dezorganizare. Este un fel de luptă a organizării, care provine de la regulator, împotriva influenţei dezorganizatoare a hazardului, care conduce sistemele spre stările cele mai probabile, adică cele mai dezordonate.

La maşini, atribuţiile de reglaj erau îndeplinite înainte de către un om, care supraveghea funcţionarea lor şi lua măsuri pentru restabilirea parametrilor necesari, în cazul apariţiei unor abateri. Maşinile nu puteau să-şi modifice singure acţiunile în funcţie de cutare sau cutare factori ai mediului. Dimpotrivă, organismele au dobîndit această facultate de la bun început sau, probabil, în stadiile cele mai timpurii ale evoluţiei materiei vii. Altfel, ele nu s-ar fi conservat în procesul selecţiei naturale, adică organismelor le este inerentă „de la natură" autoreglarea. În forma biologică de mişcare, însuşirea autoreglării capătă o importanţă uriaşă. Ea nu a cunoscut o dezvoltare considerabilă în procesul evoluţiei naturale a formelor de mişcare care se situează pe scara ierarhică sub mişcarea biologică. Dar omul, care dirijează acţiunea legilor naturii în direcţia necesară, în conformitate cu interesele sale, a creat artificial sisteme cu autoreglaj, formate din componente cărora le sînt specifice forme de mişcare inferioare : cea mecanică, cea electrică şi altele.

Astfel, constatăm că, în formele de mişcare inferioare, există şi posibilităţi care se realizează abia prin intermediul celor superioare, dacă ne putem exprima astfel, prin subordonarea faţă de aceste forme superioare.

Comanda şi controlul nu constau însă exclusiv în *stabilizare*. Un proces nu ar fi proces dacă nu ar exista o anumită *schimbare a stărilor*. Deoarece condiţiile variază mereu, este deosebit de importantă, atît în tehnică, cît şi în viaţa organismelor, nu numai menţinerea unei anumite mărimi, ci şi modificarea ei în funcţie de variaţia uneia sau a mai multor altor mărimi. În acest caz, sarcina reglajului constă în a asigura *modificarea* unui parametru determinat, în funcţie de alţi parametri, caracterizînd alte procese sau mediul înconjurător. Astfel, o piesă de artilerie antiaeriană trebuie să-şi urmărească ţinta — un avion —, iar pentru ca ea să intre în funcţiune la momentul oportun, este necesar ca parametrii ei să varieze.

Reglajul şi autoreglajul se realizează şi în forme mai complicate. În organisme, bunăoară, se elaborează reflexe condiţionate, pe baza cărora ele *dobîndesc experienţa* necesară pentru activitatea lor vitală.

Dezvoltarea automaticii din ultimii ani a permis să fie create şi sisteme tehnice a căror reacţie la excitanţii externi este determinată neunivoc : întîi, în sensul că aceste maşini dispun de o gamă largă de „dacă..., atunci..." şi, al doilea, în sensul că reacţia unei maşini-robot la un anumit excitant se poate dovedi a fi determinată de efectul acestei reacţii în trecut. „Şoarecii", „broaştele ţestoase" şi alte mecanisme cibernetice prezintă procesul unei asemenea reacţii la excitanţi exteriori. În prezent, a început aplicarea fructuoasă a unor sisteme de acest gen în tehnică, de exemplu în reglajul procesului de furnal.

Tehnica a trecut actualmente la elaborarea schemelor şi a construcţiilor unei serii de sisteme cu *autoacordare*. Aceste sisteme asigură funcţionarea într-un regim dinainte stabilit (parametri constanţi, parametri care variază în funcţie de timp sau de alţi parametri etc.), efectuînd, totodată, căutarea regimului optim de funcţionare. Sistemele mai complexe sînt capabile să rezolve şi problema perfecţionării procesului de căutare a regimului optim etc. În toate aceste cazuri, sistemele menţionate rezolvă sarcini de reglaj automat şi de autoreglaj, de diverse grade de complexitate.

În autoreglare se încadrează, incontestabil, acţiunile conştiente ale omului, conforme cu anumite scopuri determinate de nevoile sale. Aici omul îşi corectează acţiunile potrivit cu rezultatele acţiunilor precedente.

Aşadar, *toate procesele pe care le studiază cibernetica* se caracterizează, *în primul rînd, prin faptul că în ele se rezolvă sarcini de comandă*. La rîndul ei, această proprietate comună este subordonată unei sarcini determinate, dependente de funcţiunea

pe care o îndeplineşte sistemul. Sarcina de comandă a acestor sisteme determină o serie de alte trăsături comune, proprii diverselor sisteme de comandă şi control, oricare ar fi substratul lor material.

Un sistem care realizează o anumită sarcină de reglaj automat cuprinde o serie de elemente legate într-un mod determinat între ele, sarcina neputînd fi altfel rezolvată. Toate sistemele de comandă automată, indiferent de substratul lor material (dar în funcţie de complexitatea misiunii de comandă şi control pe care o rezolvă), au blocuri-schemă similare. Blocurile corespunzătoare ale acestor scheme îndeplinesc funcţiuni identice (în raport cu procesul de reglaj).

In primul rînd, se observă aici, ca şi în cazul sistemelor oscilatoare de natură diferită, o incontestabilă analogie a schemei celei mai generale. Să comparăm unele sisteme proprii organismelor şi unele dispozitive electromecanice. Să luăm, bunăoară, sistemul care menţine corpul într-o anumită poziţie în spaţiu. Din acest sistem fac parte aparatul vestibular, anumite formaţiuni şi elemente ale sistemului nervos, situate în cerebel, bulb, precum şi în muşchi. In cazul unei modificări a poziţiei corpului sau a capului în spaţiu, de exemplu în caz de trepidaţii, sau la o accelerare, sau la o încetinire a mişcării rectilinii, stratul de otoliţi din urechea interioară se deplasează şi încordează terminaţiile celulelor senzitive subiacente. Aceasta generează un flux de impulsuri nervoase, care se propagă spre centrii nervoşi. Sub influenţa acestor impulsuri, apar alte impulsuri care se propagă prin căile eferente. Ele modifică tonusul muşchilor şi, astfel, corpul, sau anumite părţi ale lui, ia din nou poziţia normală în spaţiu.

Aşadar, în sistemul analizat avem, întîi, un *stimul* (stratul de otoliţi care încordează terminaţiile celulelor), al doilea, un *receptor* (celulele senzitive) care primeşte excitaţia din exterior, apoi o cale *aferentă*, prin care impulsul se transmite la sistemul nervos central, o cale *eferentă*, prin care se transmite ordinul la muşchii corespunzători, şi *efectorii* (muşchii) care modifică direct poziţia corpului. In aceste condiţii, funcţionarea sistemului prezintă un *ciclu închis*. Schimbarea tonusului muşchilor este, pe de o parte, un rezultat, un efect al acţiunii impulsurilor eferente. Dar aceeaşi schimbare, percepută de receptor, este o cauză nemijlocită de apariţie a impulsurilor eferente. Tot ele provoacă, prin sistemul nervos central, o modificare a impulsurilor eferente. Cu alte cuvinte, avem aici atît o aferentaţie directă, cît şi una inversă.

Menţionăm că, oricît ar fi de diferite cauzele care determină devierea capului de la poziţia normală, el este readus în poziţia normală întotdeauna în acelaşi mod : prin trimiterea unui impuls care modifică tonusul muşchilor, contractîndu-i sau relaxîndu-i.

Chiar în sistemele relativ simple care comportă un dispozitiv de reglaj automat, avem o schemă, în principiu, analogă a procesului. Astfel, în *pilotul automat*, a cărui menire este să asigure direcţia constantă a mişcării unui avion, se află un aparat sensibil — giroscopul — de care este legat cursorul unui potenţiometru. Potenţiometrul este legat solidar de avion. Atunci cînd variază poziţia avionului, potenţiometrul se deplasează în raport cu cursorul, şi astfel apare un *impuls*. Acesta este amplificat într-un bloc special şi transmis (în sistemul de urmărire) la sistemul de forţă, care intră în funcţiune. Motorul sistemului de forţă acţionează asupra profundorului (dacă este vorba despre cîrma longitudinală a pilotului automat), deviindu-l în sensul necesar pentru a readuce avionul la direcţia de zbor stabilită. Dar întrucît avionul se poate abate mai mult decît maximum admisibil, este nevoie de o conexiune inversă.

Prin urmare, asemănarea dintre aceste scheme constă în faptul că, paralel cu sistemul principal, ele conţin un sistem suplimentar, care corectează acţiunile celui principal. Această corectare se obţine prin primirea informaţiei de la ieşire, care ajunge din nou, într-un fel sau altul, la intrare, şi corectează desfăşurarea ulterioară a procesului. Conexiunea inversă joacă un rol foarte important în sistemele cu autoacordare. In ele, efectul trebuie confruntat cu anumite criterii, căci, altfel, nu este posibilă căutarea şi găsirea regimului optim.

Autoacordarea, adică aflarea variantei optime, este imposibilă fără conexiune inversă. Aceasta este una dintre cele mai importante *legi obiective ale procesului de comandă şi control* descoperite de cibernetică. Conexiunea inversă a fost cunoscută, într-o formă sau alta, în fiziologie, şi cu atît mai mult în tehnică, înainte de apariţia ciberneticii. Insă conexiunea inversă ca element indispensabil al *oricărui* sistem cu autoacordare (ca şi al altor cîteva sisteme de comandă) a fost pusă în evidenţă abia de cibernetică. Acest exemplu este suficient pentru a ne convinge că există legi obiective ale comenzii şi controlului, care nu depind de substratul material al regulatorului şi al sistemului reglat. Acest fapt justifică existenţa ciberneticii ca domeniu individualizat al cunoaşterii ştiinţifice.

Trebuie menţionat că dezvoltarea automaticii ne permite să efectuăm o analogie între funcţiunile diverselor blocuri în maşini şi în organisme.

În prezent, în diferite sfere ale producţiei şi ale transporturilor, o răspîndire tot mai mare capătă sisteme dezvoltate de comandă automată, din care fac parte calculatoarele electronice. În adevăr, relaţia dintre parametrii pe care-i controlează conexiunea inversă, dintre datele care vin la intrare direct din mediul exterior şi ordinul corector, care aduce procesul reglat — prin intermediul mecanismului efector — la regimul de funcţionare stabilit, este uneori extrem de complexă. Nu este vorba doar de a amplifica şi de a transmite impulsul de la ieşire la intrare. Pentru a da un ordin corect, trebuie efectuate un şir de calcule, trebuie rezolvate o seamă de probleme de matematică şi de logică. Astfel, dispozitivul de comandă de la punctele pentru îndreptarea spre ţintă a pieselor de artilerie trebuie să ţină seama de avans, adică să calculeze viteze. El trebuie să ia în considerare maniabilitatea avionului şi posibilităţile pilotului. Toate acestea sînt imposibile fără rezolvarea rapidă a unor probleme matematice şi logice. Un dispozitiv complex de comandă automată din zilele noastre, căruia îi este subordonat un anumit proces, cuprinde şi o maşină de calcul electronică. Calculatoarea realizează sinteza complicată a diverselor date, confruntarea lor cu regimul de funcţionare stabilit şi elaborarea, pe această bază, a unor ordine, adică rolul ei în sistemul de autoreglaj este analog cu funcţiunile creierului în reglarea conştientă a diverselor procese.

Asemănarea dintre sistemele de autoreglaj ale maşinilor şi ale organismelor nu constă numai în analogia sarcinii generale pe care o îndeplinesc — adaptarea desfăşurării procesului la condiţiile variabile ale mediului, ci şi în asemănarea schemei de principiu. Cu alte cuvinte, *schema unui dispozitiv de autoreglaj în maşină, ca şi în organism, cuprinde blocuri care îndeplinesc funcţiuni similare.*

Poate un fapt, atît de general la prima vedere, să prezinte importanţă reală pentru ştiinţă? Incontestabil! Aceasta se vede din situaţia că unele elemente ale schemei comune sistemelor de comandă şi control din maşini şi din organisme nu erau sau aproape nu erau luate în considerare în studiul organismelor.

Fiziologul sovietic P. K. Anohin, care a emis ideea aferentaţiei inverse în activitatea reflexă încă înaintea apariţiei ciberneticii, a arătat, pe bună dreptate, că „timp de secole, fiziologia a

existat fără să-şi dea seama de conexiunea inversă“ [3]. Dar nu putem fi de acord cu P. K. Anohin, atunci cînd opune teoriei reflexelor ideile aferentaţiei inverse.

Analizînd concepţiile lui I. I. Galperin, care apără dreptul de a da sistemelor de reglaj automat calificativul de sisteme reflexe, P. K. Anohin scrie: „Recunoscînd existenţa aferentaţiei inverse asupra rezultatelor acţiunii reflexe, I. I. Galperin neagă *eo ipso* în întregime însăşi posibilitatea de a aplica termenul «reflex» maşinilor cu reglaj automat, dat fiind că nici reflexul necondiţionat nu constituie o excepţie de la această lege generală a permanentei aferentări a rezultatelor acţiunilor“ [4]. Aşadar, P. K. Anohin consideră că este greşit să spunem că sistemele de reglaj automat sînt reflexe, pentru că în ele există „aferentaţie inversă“, conexiune inversă, atît la reflexele condiţionate, cît şi la cele necondiţionate. În acest caz însă, reflexele condiţionate şi chiar cele necondiţionate îşi pierd şi ele dreptul de a fi denumite reflexe, deoarece, după cum a arătat P. K. Anohin în lucrările sale, ele se încadrează într-un ciclu închis, cu conexiune inversă.

În acelaşi articol, P. K. Anohin prezintă o interesantă schemă de reacţie reflex-condiţionată a organismului, în lumina neurofiziologiei moderne. În această schemă, aferentaţia inversă despre rezultatele reacţiei ocupă locul cuvenit. Dar ea nu anulează, ci dezvoltă (la fel cu alte cîteva elemente ale acestei scheme) reprezentările anterioare despre reflexele condiţionate, elaborate de Pavlov. Opunerea aferentaţiei inverse — întregii teorii anterioare a reflexelor este nejustificată. Dimpotrivă, ideea aferentaţiei inverse (adică a conexiunii inverse aplicate în fiziologie) îmbogăţeşte substanţial teoria reflexelor, dă un impuls pentru cercetarea organismelor sub un nou aspect, care era înainte aproape trecut cu vederea.

Aşadar, însăşi desprinderea schemei structurale generale a autoreglajului îmbogăţeşte fiziologia cu idei noi.

Dat fiind că elementul comun în diversele sisteme cibernetice este schema de principiu considerată mai sus, cibernetica are menirea de a cerceta diversele variante ale acestei scheme (independent de substratul material), teoria funcţionării ei, rolul diverselor ei componente, în calitatea lor de elemente ale schemei etc.

[3] Vezi „Probleme de filozofie“, nr. 4, 1957, p. 186 (trad. I.S.R.S.).
[4] *Ibidem*, p. 195.

Astfel se conturează următoarele capitole mai importante ale ciberneticii: teoria conexiunii inverse, teoria transmiterii mesajelor, teoria dispozitivelor de comandă etc. De la bun început, trebuie să facem însă rezerva că fiecare dintre aceste capitole studiază fragmentul respectiv, în primul rînd sub aspectul funcţiunii lui în schemă. Este posibil oare să ajungem de la asemănarea funcţiunilor elementelor în schemă la concluzia asemănării de structură a elementelor şi la o apreciere a gradului acestei asemănări? Este o problemă care nu poate fi rezolvată în general *a priori*. Această sarcină revine analizei concrete. Posibilităţile unei astfel de concluzii sînt în genere limitate, dar nu excluse. După cum asemănarea funcţională a elementelor dintr-un sistem oscilant electric cu ale unuia mecanic nu ne permite să trecem direct la asemănarea structurii reale a elementelor, tot astfel nu avem voie să comparăm structural *a priori* creierul şi o maşină de calcul, sinapsele şi releele etc. Dar o anumită asemănare a schemelor-bloc funcţionale există în mod obiectiv, nu numai pentru sistemele de comandă în ansamblu, ci şi, într-o anumită măsură, pentru diversele lor blocuri. Aceste comparaţii cer însă multă precauţie şi verificare.

Aşadar, asemănarea dintre sistemele care se deosebesc ca substrat material, dar rezolvă sarcini de comandă de acelaşi tip, cuprinde o asemănare a schemelor funcţionale; aceasta este o asemănare structurală.

Mai departe, în orice sistem de comandă există anumite dependenţe şi relaţii cantitative. Unele dintre ele ţin de o latură extrem de importantă a comenzii şi controlului, anume transmiterea informaţiei, în general realizarea comunicaţiei [5]. Aceste relaţii cantitative sînt şi ele independente de substratul material care realizează comunicaţia. De exemplu, o seamă de relaţii între semnal şi perturbaţie, o serie de dependenţe care determină economicitatea codurilor etc. nu depind de faptul că mesajele sînt transmise prin fir, în eter, prin neuroni, dacă sînt transmise prin impulsuri electrice sau prin alte semnale.

[5] La unii autori, între care şi la Wiener, noţiunea de comunicaţie figurează în definiţia ciberneticii, cu tot atîtea drepturi ca şi noţiunea de comandă şi control. Nu credem că aceasta este necesar. Pe de o parte, comunicaţia este un element indispensabil al comenzii; pe de altă parte, transmiterea semnalelor prin canalele de comunicaţie este un caz particular al comenzii la distanţă. Prin urmare, cînd spunem că cibernetica este ştiinţa care studiază comanda, aceasta implică totodată că ea studiază comunicaţiile (sub aspectul sub care cibernetica le studiază efectiv).

Prin urmare, asemănarea dintre diverse sisteme de comandă constă şi în identitatea unei serii de legi cantitative (în particular, a legilor transmiterii informaţiei), care acţionează în diversele sisteme de comandă, independent de substratul lor material. Aşadar, la fel cu matematica, cibernetica stabileşte asemănarea cantitativă şi structurală dintre sisteme diferite, indiferent de natura lor, adică pune în evidenţă izomorfismul matematic dintre aceste sisteme. Singur acest lucru ne permite să studiem prin metode matematice unitare diversele sisteme de comandă.

Dar asemănarea dintre diversele sisteme cibernetice nu se reduce la izomorfismul proprietăţilor cantitative şi structurale ale acestor sisteme. După cum s-a arătat, aceste sisteme au şi caracteristici „de conţinut" comune. Cea mai importantă dintre ele este sarcina de comandă şi control, pe care sistemele cibernetice o îndeplinesc în mod real.

Chiar dacă un sistem de comandă ca atare va fi descris matematic în formă generală şi chiar dacă diversele tipuri de sisteme de comandă (potrivit clasificării lor cibernetice, după sarcinile de comandă pe care le îndeplinesc) vor fi şi ele descrise pur matematic, cibernetica tot nu-şi va pierde obiectul propriu. Aceste descrieri matematice, la fel cu orice alte teorii, ecuaţii, funcţii matematice, îşi vor putea găsi, iar în parte şi-au şi găsit, o serie de aplicaţii exterioare ciberneticii. În schimb, cibernetica nu va pierde niciodată din cîmpul său vizual comanda, ca atare, în forma ei generală, şi va continua să o cerceteze prin metode variate.

Într-o teorie matematică abstractă, fiecare termen se interpretează în chip diferit, în funcţie de modelele concrete. Oricare ar fi sistemul cibernetic şi oricum ar fi descris matematic, comanda rămîne în el totdeauna, nu doar un proces subordonat unui anumit grup de axiome, cum se întîmplă în matematică, ci un proces de comandă real. Acest termen, precum şi ceilalţi termeni legaţi de el, îşi păstrează în orice „model" semnificaţia nemijlocită în cadrul ciberneticii, după cum termenii „oscilaţie", „amplitudine" etc. îşi păstrează semnificaţia în teoria oscilaţiilor.

Aceasta înseamnă că la problema privind tipul de discipline în care se încadrează cibernetica, anume al celor care — asemenea algebrei, topologiei etc. — sînt capitole ale matematicii, sau al acelora din care fac parte teoria oscilaţiilor, termodinamica etc., trebuie să răspundem că ea face parte din cel de-al doilea grup. Ea este saturată de matematică, izomorfismul proprietăţilor matematice joacă pentru ea un rol determinant, printre rezul-

tatele ei predomină legi cantitative şi structurale. Totuşi, cibernetica este o disciplina ştiinţifică autonomă, extrem de abstractă, dar mai concretă decît matematica.

Se poate pune întrebarea : dacă cibernetica studiază sistemele de comandă, iar orice organism şi unele automate create de tehnică sînt sisteme cu autoacordare, adică reprezintă unul dintre tipurile sistemelor de comandă, nu înseamnă oare aceasta că biologia şi ştiinţa automatelor se transformă în capitole ale ciberneticii ? Ne vom ocupa mai amănunţit în cele ce urmează de problema relaţiilor dintre biologie şi cibernetică. Deocamdată, vom menţiona numai că cibernetica nu epuizează nici măcar ştiinţa tehnică care studiază automatele, pentru că aceasta din urmă cuprinde o serie de probleme energetice, tehnologice, de exploatare etc., care nu au nici o legătură cu cibernetica. Cu atît mai puţin poate cibernetica să absoarbă biologia.

În toate procesele care se desfăşoară în diversele obiecte studiate de cibernetică, aceasta se interesează, după cum am mai arătat, de un singur aspect al lor : comanda. Atît în maşini, cît şi în organisme şi în colectivităţi, ea se interesează de comandă şi control, de transmiterea, conservarea şi prelucrarea informaţiei, care fac posibil procesul de comandă. Totodată, cibernetica nu cuprinde întreaga sferă a comenzii si a comunicaţiei, cum se susţine cîteodată, ci numai ceea ce este comun comenzii şi comunicaţiei în maşină, în organism, precum şi în alte sisteme de comandă.

Deoarece legile ciberneticii privesc numai o singură latură a unor obiecte din clase cu totul diferite, ele nu dezvăluie specificul calitativ al acestor obiecte, şi deci, din acest motiv, nu sînt legi care definesc dezvoltarea lor. *Ele nu sînt legi care definesc procesul de dezvoltare al unei clase de obiecte, ci legi ale funcţionării diverselor obiecte în calitatea lor de sisteme de comandă.*

Ni se poate obiecta că şi unele sisteme tehnice sînt capabile să se adapteze la mediu, să „ţină seama" de „experienţa" din trecut, deci, într-un anumit sens, să se dezvolte astfel încît „instruirea" lor, „dezvoltarea" lor s-ar încadra, incontestabil, în sfera ciberneticii. Această obiecţie poate fi însă cu greu socotită serioasă, deoarece posibilităţile unei astfel de „dezvoltări" pentru un sistem tehnic nu sînt un rezultat al autodezvoltării, ele sînt dinainte determinate de construcţia lui şi de programul întocmit de om. Mai departe, trecerea de la o clasă de sisteme tehnice la alta este determinată, şi ea, mai ales de eficienţa lor pentru om.

pentru societate. Dezvoltarea efectivă a sistemelor de prelucrare a informaţiei, înlocuirea unor sisteme prin altele este determinată, în fond, de legile specifice ale respectivei forme de mişcare; de exemplu, sistemele de informaţie din organismele vii se perfecţionează pe baza selecţiei naturale.

Dacă însă cibernetica nu se interesează de un anumit obiect în ansamblu, să zicem de un organism, ci numai de una dintre laturile sale, de unele procese care se desfăşoară în el, înseamnă că trebuie să deosebim cibernetica şi de ştiinţele de tipul biofizicii. Biofizica nu studiază organismul în genere, ci numai natura desfăşurării proceselor fizice din el, după cum cibernetica cercetează numai comanda şi comunicaţia. Intre cibernetică şi biofizică există însă o deosebire esenţială. Se ştie că orice formă de mişcare este legată de un anumit purtător material, iar legile diverselor forme de mişcare sînt determinate, în ultimă instanţă, de natura purtătorului lor. Legile fizicii sînt legile mişcării şi evoluţiei particulelor elementare, nucleelor etc. Legile biofizicii sînt legi ale unor procese fizice care au loc însă în condiţii speciale, anume în condiţiile subordonării lor faţă de forma de mişcare biologică.

După cum ştim, pentru cibernetică prezintă importanţă faptul că un sistem dat, indiferent de elementele materiale care îl constituie, este un sistem de comandă, că în el se realizează recepţionarea, transmiterea, transformarea informaţiei. Prin urmare, cibernetica se deosebeşte şi de biofizică. Legile ei au alte condiţii de acţiune, o altă sferă de funcţionare decît procesele biofizice.

Uneori se exprimă temerea că cibernetica, afirmînd caracterul foarte general al legilor ei, va avea pretenţia să ia locul filozofiei. Astfel de pretenţii sînt exprimate efectiv de unii reprezentanti din străinătate ai acestei ştiinţe, care vorbesc despre o concepţie cibernetică asupra lumii, despre o nouă optică asupra lumii şi a omului, pe care ar fi dat-o cibernetica. Dar aceste afirmaţii nu corespund cîtuşi de puţin cu esenţa reală a ideilor ciberneticii.

Obiectul de studiu al ciberneticii îl constituie natura vie şi cea nevie (şi tehnica), procesele sociale şi fenomenele care se încadrează în sfera conştiinţei. Dar singura ştiinţă care studiază legile generale ale dezvoltării naturii, societăţii şi gîndirii este dialectica materialistă. Nu reiese oare, astfel, că dialectica şi cibernetica ar studia acelaşi obiect şi că, de aceea, ele ar trebui să aibă a face cu aceleaşi legi ? Dar cibernetica nu stabileşte aceleaşi legi ca şi dialectica. Nu înseamnă oare aceasta că cibernetica ar fi opusă dialecticii, că ar căuta să-i ia locul în calitate

de nouă concepţie asupra lumii ? Dacă lucrurile ar sta aşa, dacă cibernetica şi dialectica ar ajunge, avînd acelaşi obiect de cercetare la legi cu totul diferite, care guvernează acest obiect, problema s-ar pune astfel : ori dialectica, ori cibernetica. Pentru marxist nu ar exista aici nici un obiect de controversă. Adevărul dialecticii ca analog al realităţii a fost demonstrat de întreaga dezvoltare a ştiinţelor naturii, de întregul proces al dezvoltării naturii şi a societăţii. În acest caz, cibernetica ar trebui respinsă ca fiind o pseudoştiinţă.

Lucrurile stau însă altfel. Obiectul ciberneticii este diferit de obiectul dialecticii ; ca atare, diferă şi sferele de manifestare a legilor lor şi înseşi aceste legi. Dialectica este ştiinţa celor mai generale legi ale dezvoltării naturii, societăţii şi gîndirii. Întreaga lume obiectivă se dezvoltă potrivit legilor dialecticii. Legile ei îmbrăţişează toate tipurile de interacţiuni din natură şi din societate.

Spre deosebire de dialectică, cibernetica nu-şi asumă sarcina de a pune în evidenţă legile oricărei interacţiuni. Ea nu studiază decît legi ale obiectelor care sînt sisteme de comandă. Ce e drept, astfel de obiecte există şi în tehnică (în sisteme mecanice, electrice etc.), şi în natura vie, şi în societate, adică în forme de mişcare diferite. Dar în lume există şi procese, interacţiuni, sisteme care nu se încadrează în obiectul de cercetare al ciberneticii. În particular, se ştie că în toate procesele care au loc în natură (şi în tehnică) transferului şi transformării energiei le revine un rol uriaş (deşi transmiterea informaţiei nu este un transfer de energie, iar informaţia nu este energie — lucru pe care cibernetica îl subliniază —, transmiterea informaţiei este imposibilă fără procese energetice). Legile ciberneticii nu au însă nimic comun cu acest domeniu ca atare ; ele nu se referă la relaţiile energetice.

Legile pe care le dezvăluie cibernetica nu fac parte integrantă din filozofie. Bineînţeles, aceasta nu anulează importanţa lor pentru dezvoltarea filozofiei materialiste. Este cunoscut, de exemplu, că principiul conservării energiei, legea periodică a lui Mendeleev, legea selecţiei naturale au jucat un rol important în dezvoltarea gîndirii filozofice, deşi nu sînt nemijlocit legi ale dialecticii. În mod analog, principiile cele mai generale ale comenzii şi comunicaţiei, pe care le pune în evidenţă cibernetica, au o mare importanţă pentru filozofie, care nu se poate dezvolta cu succes dacă nu se îmbogăţeşte prin realizările ştiinţelor concrete. Dar toate acestea nu înseamnă că legile ciberneticii ar fi

legi ale dialecticii. După cum am văzut, obiectul de cercetare al dialecticii nu coincide cu acela al ciberneticii. Sfera de acţiune a ciberneticii (elementele comune din procesele de comandă) este mai îngustă decît sfera de acţiune a dialecticii (toate procesele şi interacţiunile).

În cibernetică există probleme care se situează în punctele ei de contact cu filozofia, în particular, cu gnoseologia, cum ar fi, de exemplu, problema naturii reflectării în sistemele cibernetice tehnice cu o înaltă organizare. Prin aceasta însă, cibernetica nu devine filozofie, după cum problema rolului pe care-l are aparatul în experimentele cu microobiecte nu conferă mecanicii cuantice caracterul de filozofie. Aşadar, deosebirea dintre obiectul ciberneticii şi obiectul dialecticii este evidentă. Dialectica materialistă este o concepţie despre lume, o metodă de cunoaştere a naturii şi a societăţii. Cibernetica este o ştiinţă specială. Şi, la fel cu oricare altă ştiinţă specială, ea se va dezvolta cu atît mai fecund, cu cît legăturile ei cu materialismul dialectic vor fi mai trainice.

Aşadar, încercările de a transforma cibernetica într-o ştiinţă filozofică universală sînt cu totul lipsite de fundament. Marxismul le respinge *de plano*. Dar nu avem voie ca, crezîndu-i pe cuvînt pe savanţii care afirmă că cibernetica ar fi o nouă concepţie despre lume, să respingem pe această bază ştiinţa ciberneticii. Sarcina noastră nu constă în a respinge cibernetica, ci în a defini corect sfera ei de aplicabilitate şi, în particular, de a o delimita limpede de filozofie.

Obiectul ciberneticii nu trebuie confundat cu cel al filozofiei, al matematicii, al biofizicii sau al vreunei alte ştiinţe. *Cibernetica studiază într-o formă generală proprietăţile şi legile funcţionării diverselor sisteme de comandă, care sînt independente de substratul material al acestor sisteme.* Obiectul ciberneticii defineşte, totodată, şi însemnătatea ei.

2. Importanţa ciberneticii

Cibernetica are o importanţă mai mare sau mai mică în cercetarea sistemelor cu autoreglaj de diverse tipuri. Ea joacă un rol deosebit în fiziologie şi în tehnică.

Dintre toate capitolele ciberneticii, cel mai dezvoltat este teoria informaţiei, şi, de aceea, este pe deplin firesc că ea şi-a croit, mai repede decît alte direcţii din cadrul ciberneticii, drum spre fiziologie. Să ilustrăm, pe baza unui exemplu din fiziologie, ce poate oferi cibernetica ştiinţelor care studiază anumite sisteme concrete de transmitere şi de prelucrare a informaţiei.

În funcţionarea sistemelor cu autoreglaj, atît organice cît şi tehnice, informaţia are un rol deosebit de important. Wiener subliniază unitatea indisolubilă dintre comandă şi comunicaţie. Comanda cuprinde inevitabil transmiterea unor anumite semnale spre organul comandat, precum şi de la acest organ la punctul de comandă. Aceasta înseamnă că într-un sistem cu comandă automată sînt necesare: strîngerea de informaţie la intrare, transmiterea informaţiei prin canale de comunicaţie, stocarea informaţiei (în acumulatoare sau în memorie), transformarea informaţiei (în conformitate cu algoritmi determinaţi), în sistemul nervos central, într-o maşină de calcul etc.

Dar trebuie să avem în vedere că orice sistem de comandă într-o colectivitate umană cuprinde, şi el, transmiterea unor semnale prin canale de comunicaţie. Aceste canale pot fi naturale, ca de exemplu comunicarea interumană prin limbă, ele pot cuprinde mijloace de telecomunicaţii — de la cele mai primitive (clopote, fanioane) pînă la cele mai complicate (presa, telefonul, telegraful, radioul, televiziunea).

De aceea, cibernetica acordă o mare importanţă analizei transmiterii şi transformării informaţiei. Dat fiind obiectul său de studiu, acestei ştiinţe îi este indiferent dacă schimbul de semnale are loc între oameni, sau între un om şi o maşină, sau între maşini. Pentru cibernetică nu au însemnătate mijloacele concrete pentru transmiterea semnalelor, nu are importanţă dacă este vorba despre o semnalizare sonoră, electrică sau optică. O interesează legile generale ale transmiterii şi ale transformării informaţiei, oricare ar fi substratul material care realizează transmiterea şi transformarea.

Teoria informaţiei, elaborată iniţial mai ales în legătură cu rezolvarea unor probleme privind transmiterea cea mai raţională a semnalelor prin liniile de telecomunicaţii (în sens îngust: telefonul, telegraful), s-a dovedit extrem de fructuoasă şi pentru analiza unor sisteme care acţionează în organism, îndeosebi pentru o seamă de aspecte ale activităţii sistemului nervos central şi ale organelor periferice de simţ. Atît un sistem cibernetic, tehnic, cît şi organismul recepţionează, după cum am arătat, semnale. Ele recepţionează ansamble de semnale care poartă informaţie.

În trecut, cercetînd capacitatea organismelor de a deosebi stimuli complecşi, fiziologia îi aprecia pe aceştia numai după numărul de componente distincte în care putea fi descompus stimulul, adică numai după complexitatea lor fizică. Din acest punct de vedere, un singur sunet scurt este un stimul mai puţin complex decît patru sunete scurte de durată *diferită*. După cum arată însă cibernetica, această apreciere a complexităţii stimulului este insuficient de completă. În acest caz, stimulul nu era apreciat din punctul de vedere al cantităţii de informaţie conţinute, ceea ce era pe deplin firesc, căci fiziologia nu dispunea de noţiunile şi de mijloacele matematice pe care le necesită o atare analiză.

În realitate, orice stimul, indiferent de complexitatea sa fizică, este un element dintr-o anumită mulţime de stimuli, deci pentru a aprecia stimulul trebuie să-l considerăm şi în legătură cu întregul ansamblu, să-i dăm o evaluare *statistică*[6]. Un stimul — complex sau simplu — trebuie desprins dintr-o mulţime de alţi stimuli. Gradul de dificultate al acestei probleme este determinat de complexitatea statistică. Evident, aceasta nu depinde de natura stimulului (de complexitatea lui fizică), ci de numărul de stimuli care formează mulţimea respectivă. Mai exact, acest grad de dificultate depinde de numărul de alternative posibile ale alegerilor necesare pentru a desprinde un stimul din mulţime. Cu cît trebuie efectuate mai multe alegeri pentru a pune în evidenţă stimulul căutat, cu atît cantitatea de informaţie privitoare la ansamblu, pe care o conţine, este mai mare.

Evaluarea cantitativă a complexităţii statistice a stimulului se face pe baza metodelor teoriei informaţiei. Dacă apariţia unor stimuli diferenţiabili după criterii bine determinate este echiprobabilă, atunci informaţia pe care o poartă se defineşte ca logaritmul cu baza 2 al numărului lor. Acest logaritm caracterizează numărul de alternative posibile în alegerile necesare pentru punerea în evidenţă a stimulilor din ansamblu.

---

[6] Vezi G. V. Gherşuni, *Despre distingerea excitaţiilor acustice complexe de către analizorul auditiv al omului*, „Fiziologhiceski jurnal", vol. XLIII, nr 11, M.—L., 1957.

Să comparăm doi stimuli, *A* şi *B*.

A	*B*
Stimul simplu	Stimul cvadruplu
Elementar din punct de vedere fizic	Mai complex din punct de vedere fizic
Un sunet scurt	4 sunete consecutive de durată diferită
Experimentul:	Experimentul:
Este folosit în cadrul determinării diferenţierii absolute a duratei sunetului dintr-o serie de 8 sunete diferite.	Elaborarea diferenţierilor. Acest excitant se foloseşte ca semnal condiţional pozitiv. Semnalul inhibitor este şi el cvadruplu, dar cu o altă aşezare a termenilor din mijloc
Numărul de stimuli diferenţiabili după un anumit criteriu=8	Numărul de stimuli din ansamblu=2
Logaritmul cu baza 2 (cantitatea de informaţie a unui stimul)=3.	Logaritmul cu baza 2 (cantitatea de informaţie a unui stimul)=1.

Aşadar, constatăm că un stimul mai puţin complex din punct de vedere fizic poate fi mai complicat din punct de vedere statistic, adică purtător al unei cantităţi de informaţie mai mari.

Pentru a evalua cantitatea de informaţie pe care o conţine un semnal, trebuie să cunoaştem numărul de proprietăţi după care diferă stimulii (de exemplu durata, frecvenţa etc.). Aceasta defineşte dimensiunea stimulului şi numărul de gradaţii pentru fiecare dintre calităţile sale. Ţinînd seama de aceasta, teoria informaţiei ne dă formula (în cazul echiprobabilităţii stimulilor) $J=n \log_2 m$, unde n este numărul de dimensiuni, iar m — numărul de gradaţii ale fiecărei calităţi. Semnalele care poartă aceeaşi cantitate de informaţie se pot deosebi după *cod*. Astfel, atît pentru n=3, m=2 avem $J=3 \log_2=3$, şi pentru $n=1$, $m=8$, avem de asemenea $J=1 \log_2 8=3$. Prin urmare, teoria informaţiei ne dă o serie de noi caracteristici ale stimulului. Dintre acestea, cele mai importante pentru fiziologia organelor de simţ sînt :

1) complexitatea statistică a sistemului (cantitatea de informaţie care revine unui stimul) ;

2) modul de combinare a elementelor (natura codului) ;

3) viteza cu care se transmite informaţia, conţinută în respectiva mulţime de stimuli (numărul de semne binare pe simbol într-o secundă).

Introducerea acestor noi noţiuni a scos în vileag evidenta insuficienţă a experimentelor care se făceau înainte pentru diferenţierea stimulilor complecşi. S-a constatat că, de obicei, se foloseau stimuli care purtau aproximativ cel mult 1,59 unităţi de informaţie, în timp ce un cuvînt are, în medie, cam 12 unităţi. Prin urmare, tratarea cibernetică a impus necesitatea unor noi experimente.

In fiziologie a apărut o nouă problemă : cercetarea diferenţierii stimulilor complecşi la animale şi la om. Pentru rezolvarea ei, trebuie să operăm iarăşi cu o noţiune nouă : pierderea de informaţie. Se numeşte pierdere de informaţie diferenţa dintre cantitatea de informaţie conţinută de stimul şi cantitatea de informaţie pe care o percepe organismul. Informaţia recepţionată de organism se calculează după repartiţia reacţiilor corecte şi a celor greşite la stimulul considerat.

Experimentele efectuate în urma pătrunderii ideilor cibernetice în fiziologie au permis să se stabilească o serie de noi legi ale fiziologiei. Astfel, s-a constatat că, în cazul creşterii cantităţii de informaţie transmise în unitatea de timp, există o anumită valoare limită a informaţiei *recepţionate* de organism, care nu mai continuă apoi să crească, deşi cantitatea *totală* de informaţie transmisă creşte mai departe. Maximum de informaţie recepţionată, care se realizează prin coduri diferite, este diferit. Pentru analizorul auditiv, de exemplu, codul optim este cel cu două gradaţii. In cazul creşterii cantităţii totale de informaţie conţinute de semnal, perioada de reacţie a organismului creşte.

Fiziologul sovietic G. V. Gherşuni şi colaboratorii au arătat că, în cazul diferenţierii unor stimuli tot mai complecşi, sistemul nervos central trebuie să realizeze simultan mai multe sarcini : să reglementeze creşterea volumului de conexiuni elaborate, să formeze sisteme de conexiuni condiţionate pentru gradaţiile opuse ale caracteristicilor stimulului, să diferenţieze mai precis stimulii.

Deoarece condiţiile optime pentru realizarea fiecăreia dintre aceste sarcini sînt întrucîtva contradictorii, apare ipoteza că aparatul analizor funcţionează, în acest caz, ca un aparat cu parametri variabili, care, datorită mecanismelor de autoreglare, îl acordează în conformitate cu nevoile activităţii pe care o desfăşoară.

Această aplicaţie a ciberneticii (a teoriei informaţiei) la cercetarea activităţii unui analizator este cît se poate de instructivă. Aici nu este vorba de a traduce în limbajul ciberneticii noţiuni de mult constituite şi legi de mult descoperite. Punerea în evi-

denţă a analogiei dintre organism şi sistemele tehnice a permis să se dezvăluie anumite laturi anterior necunoscute ale activităţii organismului. Ele au fost enunţate direct cu ajutorul noţiunilor ciberneticii. Aceasta a permis să se efectueze noi experimente, să se emită noi ipoteze, să se descopere unele legi fiziologice necunoscute înainte.

În ultimii ani, s-au făcut încercări interesante de cercetare comparativă a analizorului vizual şi a unor dispozitive de televiziune [7]. Comparaţia s-a făcut mai ales sub aspectul economicităţii transmisiei [8]. Cercetările au arătat că sistemul văzului uman este un sistem de comunicaţie extrem de economic, a cărui analiză este importantă nu numai pentru fiziologie, ci prezintă totodată interes practic şi pentru tehnica televiziunii. S-a avut în vedere, în particular, problema micşorării redondanţei în mesaje.

Dacă un anumit stimul acţionează asupra ochiului o perioadă îndelungată, atunci, cu timpul, frecvenţa cu care se succed impulsurile determinate de acest stimul descreşte. Aceasta este una dintre manifestările adaptării. Ea creează premise pentru micşorarea redondanţei în mesajul vizual, deoarece aici apare posibilitatea de a transmite mesaje, referitoare nu la prezenţa unui anumit stimul, ci la variaţiile lui.

Adaptarea funcţională a analizorului vizual are ca analog funcţional în televiziune aşa-numita decorelare, care a fost propusă pentru micşorarea redondanţei determinate de legăturile statistice dintre elementele vecine ale unor cadre consecutive din mesajul televizat. Decorelarea se realizează datorită faptului că nu se transmite semnificaţia reală a imaginii, ci diferenţa dintre valoarea unui semnal şi a celui vecin cu el.

Acest semnal-diferenţă nu este nul, numai în cazul în care în lungul unei linii a imaginii de televiziune are loc o variaţie de luminozitate. În cazul contrar, el este egal cu zero. Se poate transmite diferenţa dintre valorile unui element într-un cadru şi în cel următor.

[7] Vezi V. D. Glezer şi I. I. Ţukkerman, *Despre unele particularităţi ale transmiterii informaţiei în televiziune şi în văz*, „Tehnica kino i televideniia", nr. 12, 1957, pp. 29—30.

[8] Conform teoriei informaţiei, o emisiune va fi cu atît mai economică, cu cît va necesita mai puţine semnale elementare pentru o unitate de mesaj. Dacă timpul de transmitere a unui semnal elementar este constant, atunci economicitatea este indicele care se exprimă prin timpul consumat pentru a transmite o unitate de mesaj.

Aplicarea în practică a acestei metode (a decorelării) ar asigura un anumit cîştig în comparaţie cu metodele de transmitere obişnuită, dar ea este în ansamblu dezavantajoasă, deoarece în cadrul transmiterii se vor acumula erori (la erorile din prima transmitere a imaginii se vor adăuga erorile transmiterii diferenţelor). Această decorelare va conduce nu numai la o micşorare a redondanţei, ci şi la o pierdere de informaţie, din care cauză aplicarea ei practică este dezavantajoasă.

În cazul sistemului vederii, în condiţiile adaptării, nu se transmite un semnal-diferenţă, ci un semnal real, dar numai atunci cînd el este nou, adică atunci cînd se deosebeşte de elementele vecine. Un astfel de sistem este tehnic realizabil. Semnalul-diferenţă poate fi folosit ca semnal de comandă, în aşa fel încît să se transmită semnalul real, dar numai atunci cînd valoarea semnalului-diferenţă depăşeşte o anumită mărime.

Observăm aici o îmbogăţire reciprocă a tehnicii şi a fiziologiei: în procesul dezvoltării tehnicii, a apărut teoria informaţiei cu noţiunile ei de cantitate de informaţie, economicitate a transmisiei, redondanţă a mesajului etc. Fiziologia preia multe dintre aceste noţiuni şi analizează dintr-un nou punct de vedere o serie de procese fiziologice. Analiza acestor noţiuni sub un nou aspect oferă elemente noi, nu numai pentru fiziologie, ci şi pentru tehnică. De-a lungul mileniilor, selecţia naturală a elaborat o serie de mecanisme şi procedee de transmitere a mesajelor, a căror realizare tehnică poate deveni, într-o seamă de cazuri, un factor nou şi esenţial al progresului tehnic.

În adevăr, schema de principiu a procesului eliminării redondanţei, care funcţionează în analizorul vizual, nu este legată rigid, dacă ne putem exprima astfel, de un anumit substrat material, specific ochiului. Această schemă poate avea şi un alt substrat material, dar ea trebuie să cuprindă elemente similare funcţional cu structurile corespunzătoare ale ochiului.

Importanţa ciberneticii pentru tehnică constă, în primul rînd, în faptul că, creînd scheme de o abstracţie maximă, ea generează, totodată, premisele celor mai variate interpretări ale lor, precum şi ale unor serii de noi realizări tehnice.

Unul dintre meritele incontestabile ale ciberneticii, ca direcţie nouă în gîndirea ştiinţifică, constă în crearea unor noi posibilităţi de fructificare mutuală a diverselor ştiinţe care studiază sistemele de comandă cu substrate materiale diferite.

Unii reprezentanţi ai gîndirii tehnice, ce e drept puţini la număr, au o atitudine sceptică faţă de posibilitatea apariţiei unor noi idei în tehnică, datorită ajutorului fiziologiei.

Desigur, importanţa ciberneticii pentru tehnică nu este determinată, în primul rînd, de faptul că o anumită metodă de transmitere sau prelucrare a informaţiei poate fi preluată direct din sistemele biologice. Aceasta, după cum am menţionat mai sus, rezultă din caracterul abstract al cercetării, care admite interpretări multiple. Nu trebuie să ignorăm însă posibilitatea ca tehnica să împrumute de la sistemele biologice anumite metode de prelucrare şi transmitere a informaţiei. Faptul că, în prezent, se mai face atît de puţin pe acest plan se explică, într-o anumită măsură, prin insuficienţa studiului întreprins de fiziologie asupra proceselor care au loc în organism, în lumina punctelor de vedere care ar putea prezenta interes pentru tehnică. Este neîndoios că pătrunderea ciberneticii în fiziologie va crea mari posibilităţi în această direcţie.

Primele încercări de aplicare a teoriei informaţiei la analiza stimulilor şi a activităţii analizorilor, deşi foarte timide, atestă limpede valoarea tratării cibernetice a unor probleme de fiziologie. Trebuie să credem că, pentru crearea unor sisteme tehnice destinate să comande procese extrem de fine, cercetarea funcţionării sistemului nervos central se va dovedi deosebit de utilă.

Trebuie relevat că aplicarea ciberneticii în fiziologie, chiar a părţilor ei cel mai bine dezvoltate, se află abia la primii paşi. Se conturează sarcina cercetării percepţiei stimulilor de diverse complexităţi statistice, nu numai pentru analizorul auditiv, ci şi pentru alţi analizori. Analiza economicităţii şi eliminarea redondanţei pentru diversele sisteme de comunicaţii din organism, în particular, pentru analizorii în care adaptarea nu joacă un rol esenţial, este şi ea importantă pentru fiziologie. După cîte ştim, analiza fiziologică a transmiterii mesagelor prin diverse canale ale organismului, sub aspectul raportului semnal-perturbaţie, nu a fost încă efectuată. Analiza căilor de luptă a organismului împotriva perturbaţiilor ar prezenta mult interes pentru fiziologie şi ar sugera, eventual, unele căi noi pentru dezvoltarea tehnicii.

Teoria informaţiei nu a fost încă aproape de loc aplicată în analiza procesului de transmitere a informaţiei în legătură cu activitatea etajelor superioare ale sistemului nervos central. Unii fiziologi încearcă să minimalizeze importanţa unor lucrări de tipul celor ale lui G. V. Gherşuni, arătînd că aici este cercetat un proces particular (semnalizarea nervoasă) al unui sistem

funcţional în ansamblu. Firește, un sistem funcţional în ansamblu nu se reduce la o suma de procese particulare: aceste procese particulare, care se realizează în cadrul întregului, există în el, dacă putem spune, într-o formă „depăşită", subordonată întregului. Dar aceasta nu ne dă dreptul să subapreciem însemnătatea studiului proceselor particulare, importanţa studiului diverselor laturi ale întregului. În procesul cercetării unui întreg concret, trebuie să recurgem inevitabil la abstragerea, la fixarea şi la cercetarea diverselor sale laturi. „Concretul este concret — scrie Marx — pentru că reprezintă sinteza unei serii de determinări, deci unitatea în cadrul diversităţii" [9]. Procesul cunoaşterii evoluează de la concret spre abstract, iar apoi din nou spre concret. „...Metoda ridicării de la abstract la concret nu e decît modul în care gîndirea îşi însuşeşte concretul, îl reproduce spiritual ca pe ceva concret" [10].

Socotim necesar să relevăm aceste teze ale lui Marx, pentru că atît în biologia generală, cît şi în fiziologie, întregul a fost studiat, într-o serie de cazuri, fără a se acorda suficientă atenţie diverselor sale laturi şi părţi, ceea ce, în ultimă instanţă, s-a răsfrînt negativ asupra cercetării întregului.

Aşadar, chiar primele rezultate ale aplicării teoriei informaţiei în alte domenii ştiinţifice dovedesc fertilitatea acestei aplicări. Cu ajutorul teoriei informaţiei, şi pe baza ei, se fac experimente noi; ea contribuie la descoperirea unor noi legi obiective, conduce la o îmbogăţire reciprocă a biologiei şi a tehnicii.

În principiu, aceasta este valabil şi pentru alte capitole ale ciberneticii, de exemplu, pentru teoria conexiunii inverse. Teoria cibernetică a conexiunii inverse se ocupă de fundamentele principiale ale acestei conexiuni, de asemenea, indiferent de substratul ei material concret. Totuşi, ea s-a dovedit în stare să pună în evidenţă diverse posibilităţi de realizare a conexiunii inverse.

Conexiunea inversă presupune întotdeauna prezenţa unui ciclu închis, a unui circuit închis, dar configuraţia concretă a acestuia poate să fie diferită atît în natură, cît şi în tehnică. De exemplu, punctele de culegere a informaţiei diferă unele de altele, după cum sistemul corector strînge informaţia direct despre efect, sau despre starea organului efector, sau despre mediul ambiant, sau despre toate trei deodată. Teoria poate stabili ce sistem de cone-

[9] K. Marx, *Contribuţii la critica economiei politice*, Editura Politică, Bucureşti, 1960, p. 242.
[10] *Ibidem*.

xiune inversă este mai raţional în tehnică pentru îndeplinirea unor anumite funcţiuni, şi cum funcţionează aceste sisteme în organism.

În cazul tipic, conexiunea inversă asigură ţinerea în evidenţă permanentă a informaţiei inverse, după cum se vede din exemplul pilotului automat şi din funcţionarea aparatului vestibular. Nu este însă exclusă o conexiune inversă în condiţiile căreia dispozitivul de comandă să fie informat după îndeplinirea misiunii. Aceasta este posibil dacă misiunea îndeplinită face parte din alta mai complicată sau, cum este cazul în organisme, cînd pe baza experienţei din trecut se produce un proces de perfecţionare a diverselor funcţiuni.

Schema aferentaţiei inverse, propusă de P. K. Anohin, reprezintă tocmai acest din urmă caz. Ea este de o extremă importanţă pentru înţelegerea adaptării crescînde a organismelor în procesul dezvoltării lor filogenetice şi ontogenetice. Ea este însă insuficientă pentru înţelegerea caracterului adaptativ al reacţiei într-un caz individual. Cu alte cuvinte, această schemă de conexiune inversă, care există realmente în organism şi joacă în el un rol extrem de important, nu epuizează toate formele de conexiune inversă care au loc în diferitele sisteme ale organismului. Din concepţia teoretică generală a ciberneticii rezultă că pentru organism sînt necesare sisteme în care aferentaţia inversă se produce continuu. şi, după cum am văzut, în organism există astfel de sisteme. Urmează să mai stabilim ce rol au ele în ciclul reflexului condiţionat.

Trebuie menţionată fertilitatea ideii conexiunii inverse în fiziopatologie şi în psihiatrie. În ultimii ani, mecanismul unor boli a putut fi interpretat ca o tulburare a aferentaţiei inverse.

Cibernetica actuală caută cu perseverenţă să dezvăluie trăsăturile generale, caracteristice pentru sistemul nervos şi, în particular, pentru creier, pe de o parte, şi pentru sistemele cibernetice tehnice complexe, pe de altă parte. Cibernetica a pus în evidenţă unele analogii în acest domeniu.

Proprietăţi ale sistemului nervos, cum sînt producerea undelor de excitaţie şi propagarea lor după legea „tot sau nimic", conductibilitatea în sens unic a sinapselor, inerţia lor relativ mare (adică intervalul de timp relativ mare necesar pentru ca impulsul din fibrele presinaptice să provoace excitaţia în fibrele postsinaptice), însumarea spaţială a impulsurilor, însumarea lor temporală sînt, toate, fenomene proprii şi anumitor elemente ale schemelor cu contacte şi relee în genere.

O schemă cu contacte şi relee, considerată în ansamblul ei, poate fi închisă sau deschisă, deci curentul electric va trece sau nu va trece prin ea (acelaşi lucru se poate spune şi despre un releu individual), ceea ce constituie un analog al legii fiziologice „tot sau nimic". Un releu cu tuburi electronice, un element cu germaniu dintr-o schemă au, la fel ca şi sinapsa, o conductibilitate într-un singur sens etc.

Aici trebuie să avem însă în vedere că, potrivit principiului „tot sau nimic", se desfăşoară în organism un proces specific, pe care legea „tot sau nimic" îl descrie foarte aproximativ, că sinapsa şi releul transmit impulsuri de compoziţie diferită şi, lucrul cel mai important, că starea diverselor părţi ale sistemului nervos depinde esenţial de starea funcţională a organismului.

Cînd se vorbeşte în cibernetică despre creier sau despre sistemul nervos în ansamblu, ele sînt puse faţă în faţă, de obicei, cu aşa-numitele automate cu număr finit de stări (dintre acestea face parte şi calculatoarea digitală). Este vorba despre maşini care se pot afla într-un număr finit de stări: în ele se introduc un număr finit de simboluri de intrare, ele dînd în final un număr tot finit de simboluri de ieşire. În plus, pînă acum, comparaţia era făcută, de cele mai multe ori, pentru maşini cu conexiunile determinate rigid (nestatistic), adică maşini a căror stare la fiecare moment dat este determinată, întîi, de starea maşinii la un moment precedent şi, al doilea, de datele de la intrare la acest moment precedent. Datele de la ieşire ale maşinii depind de starea ei la momentul respectiv.

Teoria cibernetică studiază o seamă de probleme pentru sisteme de acest fel. De exemplu, în problema „reprezentării evenimentelor" (adică cercetarea relaţiei dintre un eveniment care acţionează asupra unui automat prin datele de intrare, exprimate cu ajutorul unui număr finit de simboluri de intrare, şi „reprezentarea" evenimentului în automat sub forma unor stări determinate ale acestuia) se stabileşte ce fel de evenimente pot fi reprezentate prin starea unui astfel de automat; ce se poate spune despre starea unui automat şi despre principiul lui de funcţionare, dacă sînt cunoscute numai datele de intrare şi de ieşire, iar însuşi automatul este ceea ce denumim, în mod obişnuit, o „cutie neagră".

Analogia cu sistemul nervos central constă aici în faptul că starea acestuia la fiecare moment dat este, de asemenea, determinată de o stare precedentă şi de influenţe din exterior, iar reacţia organismului este determinată de starea sa la momentul

considerat. Cu cît este mai complicat sistemul pe care-l cercetăm, cu atît interdependenţele interne joacă un rol mai mare, cu atît sînt mai puţine posibilităţi de a-l cunoaşte prin studiul izolat al diverselor sale elemente şi cu atît este mai mare rolul pe care îl capătă metodele cibernetice de analiză a unui astfel de sistem, luat în întregul său.

Se pune întrebarea: în ce poate consta valoarea ştiinţifică a unor analogii care asociază procesele, relativ simple, din automate, proceselor extrem de complicate din creierul omului?

După concepţia noastră, aceste analogii pot fi valoroase, mai ales în două direcţii: întîi, prin posibilităţile de a alcătui şi de a prelucra ipoteze matematice referitoare la structura sistemului nervos sau a diverselor sale părţi, al doilea, pentru modelarea diferitelor procese nervoase.

Prin abstragere de la sistemul nervos real, adică simplificîndu-l într-un mod dinainte cunoscut, obţinem o „reţea nervoasă idealizată" (McCulloch şi Pitts) [11]. Deoarece ea este supusă legii „tot sau nimic", rezultă că o anumită latură a evenimentelor din neuroni şi a relaţiilor dintre ele poate fi cercetată pe baza calculului propoziţiilor. Acesta este capitolul cel mai elementar al logicii matematice, în care se studiază adevărul sau falsitatea propoziţiilor compuse. Despre acestea se ştie că fiecare este ori adevărată, ori falsă, şi că are numai una dintre aceste două valori, adică propoziţiile sînt subordonate principiului logic al terţiului exclus. Aici se cercetează mijloacele cu ajutorul cărora putem forma, dintr-un număr de propoziţii elementare, alte propoziţii noi, de asemenea subordonate principiului terţiului exclus, adică alternativei de a fi ori adevărate, ori false. Calculul propoziţiilor face abstracţie de toate deosebirile dintre propoziţii, cu excepţia adevărului sau falsităţii lor.

După cum orice propoziţie poate fi adevărată sau falsă, tot astfel fiecare releu poate fi ori închis, ori deschis. După cum adevărul propoziţiilor compuse este funcţie de adevărul propoziţiilor elementare din care sînt constituite, tot astfel, starea unei scheme cu contacte şi relee este funcţie de starea elementelor care o constituie.

În conformitate cu aceasta, putem găsi (sintetiza) pentru fiecare expresie logică (care satisface anumite condiţii) o schemă cu relee care-i corespunde. Apare, astfel, posibilitatea de a studia şi sintetiza schemele cu relee, ajutîndu-ne de aparatul logicii matematice (de obicei, mai complicat decît calculul propoziţiilor).

[11] Warren S. McCulloch şi Walter Pitts, *Calculul logic al ideilor referitoare la activitatea nervoasă*, culegerea „Avtomaţi", IL, M., 1956, pp. 263—384

Dar sistemul nervos este supus, între anumite limite, legii „tot sau nimic". Aceasta înseamnă că intensitatea răspunsului celulei nervoase şi viteza impulsului nervos nu depind de intensitatea excitaţiei, adică ele sînt maxime la fiecare moment dat. Nervul ori conduce impulsul cu viteză maximă, ori nu-l conduce de loc, fiind posibil numai unul dintre aceste două fenomene (ne referim aici la procesul de propagare a excitaţiei: excitaţia locală apărută în punctul stimulat nu este subordonată legii „tot sau nimic"). În această privinţă, „reţeaua nervoasă" este analogă, pînă la un anumit grad, cu o schemă cu relee şi contacte şi corespunde propoziţiilor din logică. Pentru orice expresie logică (satisfăcînd anumite condiţii), putem găsi o reţea a cărei „comportare" este descrisă de această expresie în termenii calculului propoziţiilor sau ai altor sisteme de calcul logic.

Aşadar, apare posibilitatea unor *ipoteze* diferite cu privire la conţinutul neurofiziologic al reţelelor nervoase. S-a constatat că în condiţiile unor supoziţii neurofiziologice determinate, o anumită reţea, iar în condiţiile altora, o altă reţea determinată, realizează acelaşi rezultat logic. Astfel, stabilirea experimentală a unor ipoteze neurofiziologice anumite ne dă posibilitatea să determinăm sau să prevedem pe plan teoretic, prin dezvoltări logico-matematice ale datelor iniţiale, reţeaua nervoasă care realizează un rezultat dat, şi invers. Reţele echivalente (prin rezultatul lor) pot conduce la acest rezultat în intervale de timp diferite, ceea ce ne oferă iarăşi posibilităţi de verificare matematică şi experimentală a ipotezelor referitoare la structura unei anumite reţele nervoase. Aşadar, înaltul grad de abstragere de la substratul material, adică desprinderea trăsăturilor comune, proprii sistemelor nervoase şi automatelor *(atît reale, cît şi ipotetice)*, a generat posibilitatea utilizării multilaterale a aparatului matematicii moderne (teoria mulţimilor, logica matematică, teoria probabilităţilor) în cercetarea sistemelor cu autoreglaj. În cazul de faţă, spre deosebire de teoria informaţiei şi de teoria conexiunii inverse, este greu, după părerea noastră, să spunem dacă punctul de plecare al respectivei sfere de idei a fost tehnica sau fiziologia. Ea a apărut tocmai din confruntarea lor, din abstragerea de la particularităţile concrete şi din concentrarea atenţiei asupra trăsăturilor comune.

Mai departe, stabilirea unor paralele între sistemul nervos şi automate a creat un teren prielnic pentru modelarea unor anu-

mite procese fiziologice sau a unora dintre laturile lor. Simpla folosire a aceluiaşi aparat matematic creează implicit posibilitatea modelării, deoarece descrierile matematice admit interpretări multiple. Unele dintre ele sînt relativ uşor realizabile tehnic şi pot servi deci ca model pentru studiul acelor laturi ale unui proces mai complicat, care au aceeaşi expresie matematică cu laturi determinate ale unui proces mai simplu.

În prezent, a fost creată o serie întreagă de mecanisme care modelează diverse procese din sistemul nervos, inclusiv reflexul condiţionat („maşini care învaţă"). Nu trebuie să uităm, bineînţeles, că, în fond, avem a face aici cu modelarea unui fenomen. Or, un acelaşi fenomen poate să ia naştere pe căi diferite. Aceasta înseamnă că nu avem voie să supraapreciem importanţa modelării. Totodată, nu trebuie să uităm că studiul tuturor aspectelor unui fenomen, chiar pe baza unui model, ne furnizează numeroase date pentru dezvăluirea eventualelor căi pe care a luat naştere. Modelarea ne dă posibilitatea, într-o măsură mai mare decît descrierea matematică, de a verifica ipotezele. Reproducerea unui fenomen printr-un model nu ne dă încă o garanţie sigură a adevărului schemei neurofiziologice adoptate, în conformitate cu care a fost construit modelul, însă nereproducerea fenomenului atestă, de regulă, că schema adoptată este greşită.

Aşadar, sfera de idei a ciberneticii a creat posibilităţi favorabile pentru: 1) transmiterea reciprocă de idei între ştiinţe, în trecut atît de îndepărtate unele de altele, cum sînt cele tehnice şi cele biologice (iar într-o anumită măsură psihologia, lingvistica şi altele de care nu ne-am ocupat aici); 2) introducerea largă a metodelor matematice şi, în particular, a metodei ipotezei matematice în ştiinţele biologice şi în alte ştiinţe; 3) modelarea proceselor fiziologice.

Să facem o observaţie în legătură cu punctul 2).

Deşi cibernetica nu este, după cum am văzut, o parte sau un capitol al matematicii, dezvoltarea ei a pus cu o nouă vigoare problema rolului matematicii într-o serie de ştiinţe. Aceasta se explică prin trei factori importanţi.

Întîi, dezvoltarea ciberneticii a condus la apariţia sau la dezvoltarea unor noi capitole ale matematicii, avînd o vastă sferă de aplicare.

Al doilea, rezolvarea unor probleme variate ale diverselor ştiinţe cu ajutorul calculatoarelor digitale impune algoritmizarea lor şi deci prelucrarea lor matematică.

Al treilea, întrucît cibernetica este saturată de matematică, iar legile pe care le descoperă au eminamente un caracter cantitativ, înseamnă că pătrunderea ideilor ciberneticii într-un anumit domeniu al cunoaşterii implică inevitabil şi pătrunderea matematicii.

Răspîndirea matematicii în domenii noi ale cunoaşterii este un proces progresist. În studiul oricărui obiect, al oricărei forme de mişcare, ştiinţa nu se interesează numai de legile calitative, ci şi de cele cantitative. Or, ştiinţa care studiază relaţiile cantitative ale lumii reale este matematica. De aceea, în principiu, metodele de investigaţie matematice sînt aplicabile (într-o măsură mai mare sau mai mică) tuturor formelor de mişcare a materiei, inclusiv vieţii şi societăţii.

Or, unii biologi şi sociologi subapreciază sau chiar neagă cu totul aplicarea metodelor cantitative. Această atitudine are, poate, o explicaţie istorică în faptul că, în biologie şi, îndeosebi, în analiza vieţii sociale, dezvoltările matematice au servit şi servesc frecvent ca mijloc pentru umbrirea esenţei problemelor.

Poate că atitudinea de desconsiderare faţă de rolul matematicii în analiza formelor superioare ale mişcării a apărut, într-o anumită măsură, sub influenţa lui Hegel. După Hegel, numărul este o aparenţă sensibilă abstractă, iar matematica (aritmetica) este o ştiinţă pur analitică. Ea nu are un obiect de cercetare concret, care să conţină relaţii interioare iniţial ascunse cunoaşterii şi, de aceea, „ea nu numai că nu conţine concepte şi deci probleme pentru... gîndirea care operează prin concepte, ci este opusul ei" [12]. De aici, Hegel trage concluzia că „cu cît gîndurile devin mai bogate în determinaţii şi deci în relaţii, cu atît expunerea lor în forme cum sînt numerele devine mai încîlcită, pe de o parte, iar pe de altă parte, mai arbitrară şi mai lipsită de sens" [13].

Aceasta înseamnă doar că, după opinia lui Hegel, aplicarea matematicii la procese mai complicate, la formele de mişcare superioare, care sînt „mai bogate în determinaţii şi în relaţii", este neraţională, deoarece conduce la confuzie şi arbitrar.

Această teză a lui Hegel (interpretată materialist) este acceptată ca atare de către unii filozofi, care susţin că folosul aplicării matematicii la cutare sau cutare formă de mişcare ar fi invers proporţional cu complexitatea respectivei forme de mişcare.

[12] Hegel, *Opere*, vol. V, pp. 233—234 (ed. rusă).
[13] *Ibidem*, p. 236.

Şi totuşi, Hegel a sesizat aici una dintre trăsăturile realităţii. Cu cît o formă de mişcare este mai înaltă, cu atît este mai diferenţiată calitativ materia din cadrul ei, iar diverselor calităţi le corespund, într-o serie de cazuri, legi cantitative diferite; în orice caz, legitimitatea aplicării la o nouă calitate a unei legi cantitative stabilite trebuie să fie demonstrată. De aceea, în cercetarea formelor superioare ale mişcării, dezvăluirea deosebirilor calitative capătă un rol deosebit. Dar cerinţa principială de a se ţine seamă de calitate în aplicarea metodelor de investigaţie matematice este la fel de obligatorie în analiza oricăror obiecte. Tot atît de necesară este însă şi aplicarea acestor metode.

Metoda matematică poate, în adevăr, să fie aplicată arbitrar, adică fără luarea în considerare a specificului calitativ, şi nu numai la cercetarea formelor de mişcare superioare, ci şi a celor inferioare. Totodată însă, ea poate fi aplicată în modul cel mai fecund şi la analiza formelor de mişcare superioare. Este cunoscut că clasicii economiei politice engleze, în special Ricardo, au acordat atenţie mai ales relaţiilor cantitative proprii economiei burgheze, pe care o considerau eternă şi firească. Marx şi-a concentrat atenţia, în primul rînd, asupra laturii calitative a analizei economice. Ca dialectician însă, Marx nu a despărţit niciodată cantitatea de calitate. El a dezvăluit şi relaţiile cantitative inerente economiei capitaliste, considerată ca o calitate constituită. Astfel, el a definit nu numai valoarea, ci şi mărimea ei, nu numai plusvaloarea, ci şi rata şi volumul ei, nu numai profitul, ci şi rata şi volumul lui etc. În acest cadru, el a arătat factorii care determină rata profitului. Tendinţa de descreştere a ratei profitului este o lege cantitativă a capitalismului. Dar ea exprimă limitarea capitalismului ca o calitate determinată.

Aplicarea pe scară largă a ideilor ciberneticii, deci şi a metodelor matematice în alte ştiinţe, impune ca, paralel cu luarea în considerare a interacţiunii dialectice a cantităţii şi calităţii, să ţinem seama şi de caracterul dialectic al relaţiei dintre general şi particular. Potrivit concepţiei metafizice, generalul, care este una dintre laturile concretului, este pur şi simplu prezent în el, împreună cu singularul. Generalul şi singularul sau generalul şi particularul coexistă, dacă ne putem exprima astfel, în întreg. O formulă generală sau o lege generală se aplică nemijlocit ca atare tuturor cazurilor particulare. După cum în matematica elementară putem substitui în formula $(a+b)^2=a^2+2ab+b^2$ orice numere pentru a şi b, fără a risca să greşim, tot astfel, legea generală a unui tip de fenomene îmbrăţişează pretutindeni (sub

aspectul pe care îl fixează) ansamblul cazurilor particulare. Aceasta înseamnă nu numai că generalul este prezent în fiecare caz individual, ci şi că generalul este absolut acelaşi, rămîne neschimbat pentru toate cazurile particulare.

Reiese, aşadar, că trecerea de la general la particular este o simplă modificare a interpretării, este trecerea de la un limbaj (cel general) la un alt limbaj, cel al particularului. Aceasta înseamnă că enunţarea legilor generale epuizează, în fond, toată munca teoretică de analiză a întregului. Ceea ce urmează este doar o deducţie mai mult sau mai puţin mecanică.

Din acest punct de vedere, cibernetica oferă direct, de exemplu pentru biologie, soluţii definitive. Şi dacă o anumită problemă (să zicem, analiza schemelor cu contacte şi relee) este rezolvată pe planul ciberneticii, atunci biologului nu-i mai rămîne, în linii mari, decît să înlocuiască releele prin sinapse, şi biologia sau fiziologia vor dispune de o teorie gata constituită a respectivului proces.

Această concepţie este extrem de răspîndită şi chiar predominantă în literatura burgheză de cibernetică. De aceea, numeroşi ciberneticieni folosesc, fără nici un fel de rezervă, noţiunile de „reţea nervoasă" şi „schemă cu contacte şi relee", „releu" şi „sinapsă" ca fiind sinonime. Cîteodată, consideraţii pur tehnice sînt dezvoltate în termeni biologici, şi invers [14].

În realitate, relaţia dintre general şi specific este, după cum ne arată dialectica, mult mai complicată decît această schemă. Generalul, care există în orice specific, este însă modificat de acest specific.

Astfel, legea valorii este o lege a oricărei producţii de mărfuri. În *Capitalul* lui Marx, ea este considerată iniţial ca lege a producţiei simple de mărfuri. Producţia simplă de mărfuri precede nu numai istoric, ci şi logic producţia capitalistă. Ea este o abstractizare a producţiei capitaliste. Aici se face abstracţie de faptul că forţa de muncă este o marfă. Legea valorii se conservă şi în producţia capitalistă. Dar ea nu este numai conservată, ci şi modificată esenţial. În condiţiile capitalismului, unde marfa nu apare numai ca produs al muncii, ci şi ca produs al capitalului, ca produs al unor capitaluri de diverse compoziţii organice, valoarea se transformă în preţ al produsului. Preţul produsului este o formă transformată a valorii. Teoria lui Marx despre formele transformate are, incontestabil, nu numai o însemnătate

[14] Vezi culegerea „Avtomati".

particulară pentru analiza formațiunilor în care relațiile sociale sînt fetișizate, și nici măcar numai pentru analiza fenomenelor economice în ansamblu. Este incontestabil că această teză a lui Marx are și o semnificație logică generală, aruncînd lumină asupra relației dintre general și specific într-un întreg concret. Valoarea, care este comună, generală pentru orice producție de mărfuri, este modificată de particularitățile speciale ale capitalismului. *Tot astfel, în orice întreg, generalul, fără a-și pierde natura, se manifestă în mod diferit în fiecare caz concret.*

Starea funcțională generală a sistemului nervos influențează esențial activitatea analizorilor și orice analiză a activității lor, obținută pe baza teoriei informației (ca și, de altfel, pe baza oricărei teorii necibernetice care consideră analizorii în mod izolat), va fi insuficientă pentru înțelegerea funcționării reale a analizorului, inclusiv pentru înțelegerea transmiterii informației în el. Se poate spune, chiar, că analiza va fi imprecisă, ceea ce însă nu o devalorizează. Ea este imprecisă, deoarece nu cercetează modificarea procesului sub influența altor laturi specifice care constituie întregul. Ea nu ne dă direct soluția problemei fiziologice, după cum nici legea valorii nu ne oferă direct înțelegerea dinamicii prețurilor în capitalism. Nu există adevăr abstract, adevărul este totdeauna concret. Și în acest sens, analiza cibernetică a problemelor fiziologice nu este adevărată, adică ea nu este *încă* un *adevăr*, ci doar o *treaptă*, un jalon pe calea spre el, dar pe calea care duce *spre adevăr*, nu pe una care ne îndepărtează de el.

„Gîndirea, ridicîndu-se de la concret la abstract, nu se îndepărtează — dacă este *justă* (N.B.)... *de* adevăr, ci se apropie de el. Abstracția *materie, lege* a naturii, abstracția *valoare* etc., într-un cuvînt *toate* abstracțiile științifice (juste, serioase, iar nu absurde) reflectă natura mai profund, mai exact, *mai complet*" — scrie V. I. Lenin [15].

Este în afară de orice îndoială că abstracțiuni cum sînt sistem de comandă, conexiune inversă, informație, cantitate de informație și alte noțiuni analoge cu care operează cibernetica sînt abstracțiuni științifice. Dar este tot atît de neîndoielnic că ele reflectă obiectele concrete într-un mod unilateral, incomplet, îngust. Ele nu conțin decît o latură a adevărului.

„Adevărul — scrie V. I. Lenin — are nevoie și de alte laturi ale realității, care și ele par numai de sine stătătoare și

[15] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 38, p. 163

izolate (besonders für sich bestehende). *Numai în ansamblul lor...* și în *raportul* lor... se realizează adevărul" [16].

Așadar, *aplicarea ciberneticii la orice domeniu concret impune să luăm în considerare modificarea legilor cibernetice sub influența particularităților specifice ale obiectului.* Neînțelegerea acestui lucru înseamnă metafizică.

Mai departe, generalul este de diferite feluri: cîteodată (destul de frecvent), noțiunea de general este înlocuită pe nesimțite în literatură prin noțiunea de esență. Dialectica însă nu identifică generalul și esența. Esența unui anumit grup de fenomene le este întotdeauna comună, este generală pentru ele, bineînțeles dacă aceste fenomene posedă, prin natura lor, această esență comună. Reciproca nu este însă totdeauna adevărată. Nu orice general este esență. Nu orice asemănare este o asemănare esențială, după cum nici orice deosebire nu este o deosebire esențială. Legea plusvalorii exprimă esența raporturilor de producție burgheze. Toate celelalte procese ale capitalismului, în care ea se manifestă în calitate de general (pauperizarea proletariatului, acumularea capitalului etc.), apar pe baza ei. Și tocmai de aceea, aprofundarea analizei plusvalorii ne permite să dezvăluim, fără a mai recurge la elemente în plus, o serie de alte laturi esențiale ale raporturilor de producție burgheze. Generalul, atunci cînd exprimă esența, este tocmai generalul care cuprinde (potențial, atît logic, cît și ontologic) întreaga bogăție a particularului și a singularului. Dar aceasta nu este valabil pentru orice general. Limbile rusă și germană au un număr de cuvinte comune. Nimeni nu va afirma însă că în aceasta ar consta esența lexicului celor două limbi și că acesta ar fi generalul care ne-ar permite să cunoaștem specificul lexicului rus sau german.

Prin urmare, pentru a scoate în evidență rolul generalului într-un anumit întreg, trebuie să dezvăluim mai concret caracterul acestui general. Cibernetica dezvăluie generalul inerent diverselor sisteme de comandă și control, organismelor vii și automatelor pe care le creează tehnica. Însă acest general are un rol diferit în organisme și în automate. Pentru dispozitivele automate create de tehnică, autoreglajul este esența lor, pe cînd esența vieții este metabolismul pe care-l realizează corpurile proteice. Autoreglarea apare ca o latură a metabolismului.

[16] V. I. Lenin, *op. cit.*, p. 189.

Şi din această cauză nu putem dezvălui numai cu ajutorul ciberneticii manifestările cele mai importante ale vieţii.

Mai departe, generalul nu există niciodată, cum ştim, în mod independent şi în exteriorul singularului. Dar schema generală descrie sisteme diferite, pentru care ea desprinde cu grade de precizie diferite ceea ce le este comun, general. Această descriere este cu atît mai aproximativă, cu cît sistemul este mai dezvoltat, mai complicat.

Desigur, funcţionarea automatelor tehnice are şi ea legi specifice, care influenţează legile stabilite de cibernetică. Dar această modificare este cu totul neînsemnată în comparaţie cu ceea ce are loc în organism, deoarece acesta, în calitatea sa de întreg concret, este un sistem incomensurabil mai complicat decît orice dispozitiv de reglaj.

Cînd spunem că un sistem este descris de o schemă abstractă, cu atît mai aproximativ, cu cît este mai complicat, aceasta nu înseamnă că tratarea cibernetică ar da rezultate mai puţin importante pentru sistemele mai complicate. Complexitatea are două aspecte diferite. Întîi, este vorba despre complexitatea schemei structurale, despre complexitatea sistemului dinamic, ca atare. Cu cît acest sistem este mai complicat, cu atît este mai necesară interpretarea lui cibernetică. O schemă complicată este descrisă tot atît de complet de matematică, ca şi una simplă. Al doilea, sisteme care funcţionează după scheme structurale identice pot aparţine unor forme de mişcare diferite. Cu cît este mai complexă forma de mişcare, cu atît schema abstractă dă un tablou mai puţin concret al sistemului, cu atît apare mai mult această schemă ca o idealizare a sistemului real. După cum am văzut, aceasta nu desfiinţează însemnătatea schemelor abstracte pentru studiul formelor superioare ale mişcării, ci subliniază doar necesitatea unor cercetări suplimentare, care depăşesc cadrul ciberneticii.

În sfîrşit, trebuie să avem în vedere că fiecare sistem cuprinde o mulţime de trăsături specifice, care nu decurg din general, chiar dacă generalul acesta este esenţa. Renta absolută nu poate fi dedusă din legea plusvalorii, oricît am concretiza-o prin trăsături comune *oricărei* societăţi capitaliste. Pentru apariţia ei este necesară o condiţie *specifică* în plus: proprietatea privată asupra pămîntului.

În mod analog, cibernetica nu îmbrăţişează întregul ansamblu de probleme teoretice legate de comandă şi comunicaţie în organism. Ea descrie cu precizie diversele sisteme de comandă

„pînă la izomorfismul" dintre ele. Ceea ce se situează însă dincolo de cadrul acestor proprietăţi izomorfe, cum spun matematicienii, constituie obiectul de studiu al ştiinţelor concrete corespunzătoare.

Trebuie să subliniem însă că foarte mulţi ciberneticieni, inclusiv unii care au contribuit serios la progresul acestei ştiinţe, ignorează sau, cel puţin, nu iau pe deplin în considerare specificul calitativ al diverselor obiecte care pot fi caracterizate ca sisteme cu autoreglaj. Într-o serie de cazuri se trece de la analogia, sub unele aspecte, dintre automatele tehnice şi organisme, la o identificare a viului şi a neviului, la ignorarea specificului calitativ al formei de mişcare biologice a materiei.

În această ordine de idei, prezintă interes concepţiile lui N. Wiener asupra relaţiei dintre maşinile informaţionale şi organisme. „Cînd compar un organism viu cu... o maşină — scrie el —, nu mă gîndesc nici o clipă că procesele fizice, chimice şi spirituale specifice ale vieţii, în reprezentarea noastră obişnuită asupra ei, ar fi identice cu procesele din maşinile care imită viaţa. Consider doar că atît unele, cît şi celelalte pot servi ca exemplu de procese antientropice locale, capabile, după toate probabilităţile, să-şi găsească expresia şi în multe alte moduri care, firește, nu trebuie definite nici în noţiunile biologiei, nici în noţiunile mecanicii" [17].

Din această formulare se poate trage concluzia că Wiener ar înclina să ţină seama de specificul proceselor fizice, chimice şi spirituale inerente vieţii, că, fără a pierde din vedere deosebirea, el cercetează numai generalul comun organismelor şi automatelor, ca sisteme care, prin intermediul conexiunii inverse, se opun creşterii entropiei, dezorganizării.

Dar Wiener nu promovează în mod consecvent acest punct de vedere. „De fiecare dată cînd descoperim un nou fenomen — scrie el —, care prezintă pînă la un anumit grad ceva comun cu natura a ceea ce am definit ca «fenomen de viaţă», dar nu corespunde tuturor caracterelor legate între ele care definesc termenul «viaţă», apare în faţa noastră problema dacă trebuie sau nu să lărgim conţinutul cuvîntului «viaţă», pentru a cuprinde şi acest fenomen, sau să definim «viaţa» într-un mod mai limitat, pentru a exclude acest fenomen... Acum, cînd observăm între maşină şi organismul viu anumite analogii de comportare, pro-

[17] N. Wiener, *Cibernetica şi societatea*, IL, M., 1958, p. 45.

blema dacă maşina este vie sau nu reprezintă, în cazul de faţă, o problemă semantică şi sîntem în drept să o soluţionăm cînd într-un fel, cînd într-altul, în funcţie de comoditatea noastră" [18].

Şi deşi Wiener nu manifestă tendinţa de a subsuma vieţii orice sistem care se opune dezorganizării pe fondul general al creşterii entropiei, rămîne în afară de orice îndoială că el consideră teoretic sfera de fenomene caracteristice vieţii ca fiind dependentă de alegerea noastră.

Desigur, putem denumi cum vrem întreaga clasă a sistemelor cu autoreglaj, aceasta nu le va schimba esenţa. Faptul că vom numi vii sisteme cu autoreglaj care nu au această calitate, adică nu prezintă caracterele esenţiale ale vieţii, nu le va face să capete viaţă. Nu trebuie să uităm, în această ordine de idei, observaţia lui F. Engels referitoare la concepţia subiectivistă a lui Dühring asupra unităţii lumii. „Dacă voi îngloba o perie de ghete — scrie F. Engels — în unitatea mamiferelor, nu o să-i crească nicidecum, din această pricină, mamele" [19].

Viaţa este o formă calitativ specifică a mişcării materiei şi, ca atare, ea are legi de dezvoltare proprii, inerente numai ei. Şi deşi, într-o *anumită privinţă* (autoreglajul), automatele seamănă cu organismele, ele aparţin unor forme de mişcare diferite, ceea ce este determinat, în ultimă instanţă, de deosebirea dintre substratele lor materiale şi de istoria apariţiei lor. Şi această deosebire obiectivă dintre formele specifice ale mişcării nu depinde de nici un fel de considerente de comoditate, deoarece este inerentă naturii însăşi.

Viaţa nu este un simplu ansamblu de „caractere legate între ele", cum crede Wiener. Acest ansamblu are un fundament esenţial, determinant. Şi dacă acest fundament nu există, atunci chiar în prezenţa unor anumite caractere proprii vieţii, nu avem viaţă. „*Viaţa este modul de existenţă a corpurilor albuminoide,* şi acest mod de existenţă constă, în esenţă, în autoreînnoirea continuă a componentelor chimice ale acestor corpuri" [20]. Această autoreînnoire, proprie atît organismului, cît şi celulelor care îl compun, este, după cum se ştie, condiţia esenţială a existenţei corpului viu. „Din clipa în care în corpul albuminoid încetează această transformare neîntreruptă a părţilor componente, această alternare necontenită între nutrire şi eliminare, însuşi corpul albuminoid încetează să mai fie, se descompune, adică *moare*" [21].

[18] N. Wiener, *op. cit.*, p. 44.
[19] F. Engels, *Anti-Dühring*, p. 52.
[20] *Ibidem*, p. 94.

„...Viaţa, schimbul de substanţe care are loc prin nutrire şi eliminare este un proces care se efectuează prin sine însuşi, un proces inerent, înnăscut purtătorului său, albumina, fără de care aceasta nu poate exista" [22]. Aceste teze sînt confirmate de toate datele cele mai recente ale biologiei, inclusiv ale micro- şi ale inframicrobiologiei.

Este perfect clar că sistemele cibernetice tehnice, care imită diverse aspecte ale funcţionării fiinţelor vii şi chiar a celor cu o înaltă organizare, sînt calitativ diferite de ceea ce este viu.

O maşină, un aparat, orice sistem cibernetic creat în etapa actuală este un agregat format dintr-o serie de subansamble date pentru totdeauna, şi înseşi aceste subansamble există, la fel cu toate celelalte sisteme lipsite de viaţă, pînă la uzura lor. Chiar dacă maşina va fi prevăzută cu un program de înlocuire a pieselor uzate şi-l va realiza, sau cu un program pentru reproducerea unor maşini asemănătoare cu ea sau chiar a unor maşini „care ţin seama de experienţa predecesoarelor lor", ea nu va fi vie nici în acest caz, deoarece la baza proceselor care au loc în maşină nu va sta un metabolism biologic (asimilare şi dezasimilare), indispensabil pentru orice unitate structurală vie.

Dat fiind că la baza funcţionării maşinilor nu stau asimilarea şi dezasimilarea, ci alte procese, fiecare dintre aceste două domenii, principial deosebite, este subordonat, în realitate, unor grupuri de legi diferite. Evoluţia lumii organice se produce pe baza selecţiei naturale. Un nou sistem cibernetic creat de tehnică nu este nevoit să parcurgă, începînd cu starea „embrionară", calea urmată de strămoşii săi, cum cere legea biogenetică a organismelor.

Mecanicismul, care se bucură de o largă răspîndire în ţările capitaliste, cultivă o atitudine de desconsiderare faţă de realizările efective ale biologiei şi, în particular, ale fiziologiei, ceea ce determină, într-o serie de cazuri, unele încercări de a crea scheme arbitrare de procese fiziologice, ipoteze matematice asupra structurii şi proceselor din organismele vii, care contrazic fapte bine stabilite în biologie. Dar o ipoteză, inclusiv una dezvoltată cu ajutorul aparatului logicii matematice, are valoare numai atunci cînd ia în considerare ansamblul de fapte din domeniul pe care ipoteza este menită să-l explice.

[21] F. Engels, *op. cit.*, p. 95.
[22] *Ibidem.*

Dar a lua poziţie împotriva interpretărilor mecaniciste nu înseamnă cîtuşi de puţin a ignora cibernetica, a nega comunitatea unei serii de trăsături şi laturi proprii sistemelor cu autoreglaj — vii şi lipsite de viaţă. Această negare, care opune în mod absolut viul şi neviul, conduce la vitalism. Mecanicismul poate fi depăşit cu succes nu prin despărţirea formelor superioare ale mişcării de cele inferioare; această depăşire se poate realiza pe baza materialismului dialectic, care dezvăluie unitatea materială a formelor de mişcare calitativ diferite şi supuse propriilor lor legi.

Necesitatea de a lua riguros în considerare specificul calitativ al diverselor sisteme cu autoreglaj apare deosebit de clar în încercările de a aplica cibernetica la analiza problemelor sociale, la activitatea colectivităţilor omeneşti.

Dacă numeroşi cercetători burghezi din domeniul ciberneticii nu înţeleg destul de profund specificul vieţii, ei sînt şi mai departe de înţelegerea esenţei relaţiilor sociale. Astfel, N. Wiener crede cu toată seriozitatea că „înţelegerea societăţii este posibilă numai pe calea studiului semnalelor şi al mijloacelor de comunicaţie legate de aceasta“ [23].

Desigur, în societate, în orice colectivitate umană, la realizarea oricăror acţiuni în comun, din orice sferă a vieţii sociale, oamenii fac schimb de informaţie, schimb de idei, prin intermediul diverselor semnale, folosind în acest scop mijloace de comunicare variate. Nu este o întîmplare că sfera de acţiune a limbii, cel mai important mijloc de comunicare între oameni, îmbrăţişează toate domeniile vieţii sociale. Dar a afirma că teoria transmiterii mesajelor ar fi cheia — şi chiar cheia unică — pentru înţelegerea societăţii, înseamnă a ignora ceea ce este mai important şi decisiv în dezvoltarea societăţii.

După cum se ştie, societatea se dezvoltă după legile ei specifice, dintre care cele mai importante sînt legile dezvoltării producţiei, iar cibernetica în întregul ei, ca şi teoria informaţiei în particular, nu poate constitui cheia pentru înţelegerea societăţii, pentru simplul motiv că nu ia în considerare această trăsătură specifică, hotărîtoare a societăţii. Şi aceasta nu se produce din cauza greşelilor sau a mărginirii concepţiilor diverşilor reprezentanţi ai ciberneticii, ci în virtutea naturii obiectului ei. După cum am văzut, cibernetica nu se interesează de particularităţile concrete ale obiectelor cu autoreglaj, ea cercetează numai ceea ce este comun, general pentru toate.

[23] N. Wiener, *op. cit.*, p. 30.

N. Wiener face încercări de a aplica teoria informaţiei diverselor laturi ale vieţii sociale, de exemplu problemelor juridice. Aici scapă din cîmpul vizual — şi nu poate să nu scape — caracterul de clasă al dreptului, faptul important că dreptul este voinţa clasei stăpînitoare, ridicată la rangul de lege, că în societatea capitalistă dreptul se află în slujba claselor exploatatoare. De aceea, nu trebuie să ne mire că tocmai analiza problemelor sociale şi, în particular, a problemei dreptului, este un capitol lipsit de conţinut în cartea citată a lui Wiener.

În societatea capitalistă, guvernaţii şi guvernanţii sînt reprezentanţii unor clase diferite şi nici o maşină cibernetică, nici o teorie cibernetică nu este în stare să cuprindă laturile hotărîtoare ale relaţiilor dintre clase, care determină mersul evoluţiei sociale. Teoria cibernetică şi maşinile cibernetice nu pot, bunăoară, să explice de ce, „deodată“, „guvernaţii“ încetează să îndeplinească ordinele, „comenzile“ „guvernanţilor“, cum creşte conştiinţa de clasă a oamenilor muncii, cum, cînd şi din ce cauze se maturizează situaţiile revoluţionare şi în ce condiţii duc la revoluţie.

Orice încercare de a *înlocui* sociologia marxistă prin cibernetică este inevitabil sortită eşecului.

Dar de aici nu rezultă că teoria şi tehnica ciberneticii ar fi în genere inaplicabile la studiul diverselor laturi ale vieţii sociale. Putem indica, de exemplu, posibilitatea, de pe acum realizată cu succes, de a analiza anumite aspecte ale limbii, îndeosebi în legătură cu dezvoltarea traducerii cu ajutorul maşinilor. Limba şi sistemul ei se pretează unui studiu pe baza noţiunilor teoriei informaţiei (cod, economicitate a codului, redondanţa mesajelor etc.). Cibernetica stimulează studiul structurilor limbii; în sfera lingvisticii încep să pătrundă metodele de investigaţie matematică, în legătură cu problema algoritmizării traducerii. Însăşi operaţia de traducere este supusă unui studiu sub toate aspectele ei.

Atît teoria cît şi maşinile ciberneticii pot să joace un rol de seamă în analiza şi în raţionalizarea proceselor de *organizare tehnică a muncii*, în care operativitatea conducerii are o misiune importantă. Multe funcţiuni de conducere a producţiei pot fi şi sînt efectiv încredinţate unei maşini.

În planificare pot şi trebuie să fie tot mai mult utilizate maşinile de calcul, ceea ce, la rîndul său, impune necesitatea algoritmizării rezolvării problemelor economice, adică pătrunderea tot mai mare a metodelor matematicii şi ale ciberneticii în teoria şi

în practica planificării. În cazul de faţă, sarcina constă în a obţine o planificare *optimă*, care să asigure obţinerea celui mai bun rezultat, cu cele mai mici cheltuieli. Metodele cibernetice şi capitolele matematicii care se dezvoltă în strînsă legătură cu cibernetica (programarea liniară şi cea dinamică) sînt menite să descopere algoritmii care descriu, fie chiar aproximativ, aceste procese de căutare a soluţiei optime, contribuind pe această bază la automatizarea unei importante părţi a muncii din acest domeniu.

Desigur, fertilitatea aplicării metodelor cibernetice şi matematice în cercetările economice depinde în mod decisiv de corectitudinea premiselor teoretico-economice de bază. Econometria burgheză, care ia ca punct de plecare economia politică vulgară şi eternitatea sistemului social capitalist, este şi rămîne o pseudoştiinţă. Aceasta nu este valabil însă pentru metodele matematice pe care le foloseşte. Aplicarea metodelor matematice şi cibernetice, întemeiate pe metodologia marxistă, ne va permite să studiem mai precis procesele economice şi să creăm noi şi mari posibilităţi pentru automatizarea unei serii de laturi ale conducerii economiei socialiste.

Relevăm că, în societatea socialistă, care se bazează pe proprietatea obştească asupra mijloacelor de producţie şi se dezvoltă, de aceea, în mod planificat, există considerabil mai multe posibilităţi decît în capitalism pentru folosirea ciberneticii teoretice şi aplicate. Cu cît societatea socialistă este mai dezvoltată, cu cît este mai largă funcţiunea de organizare a economiei pe care o îndeplinesc organele ei, cu cît este mai mare locul ocupat în activitatea acestora de „conducerea treburilor", cu atît creşte numărul funcţiunilor din domeniul administrării şi guvernării care pot fi încredinţate maşinilor, cu atît este mai important rolul pe care pot să-l joace aspectul cibernetic şi cel matematic în cunoaşterea problemelor economice.

În rezolvarea problemelor economice, la fel ca şi în biologie — după cum s-a arătat mai înainte —, se poate folosi cu succes, în unele cazuri (planificarea producţiei şi a repartiţiei), *metoda modelării*. Dar şi aici trebuie să ţinem minte că modelul imită doar o *singură* latură a procesului, care, în cadrul *întregului* concret, este supusă unor modificări, datorită interacţiunii cu celelalte laturi care formează întregul. Cu alte cuvinte, trebuie luat în considerare specificul calitativ al fenomenelor sociale.

Asadar, abstracţiile cibernetice creează noi posibilităţi pentru studiul procesului de transmitere şi de prelucrare a informaţiei

în obiectele cele mai variate. Ele creează posibilitatea îmbogăţirii mutuale a diverselor discipline ştiinţifice. Cibernetica favorizează dezvoltarea logico-matematică a unor ipoteze referitoare la obiecte cu autoreglaj, care au naturi diferite. Ea creează premisele teoretice ale modelării diverselor procese.

Toate aceste posibilităţi pot fi însă realizate cu succes numai cu condiţia respectării cerinţelor dialecticii, care insistă asupra necesităţii categorice de a lua în considerare specificul calitativ al diverselor forme de mişcare, de a lua în considerare interacţiunea complexă a generalului şi a specificului, a întregului şi a părţilor sale. Neglijarea acestor cerinţe duce inevitabil la vulgarizarea ştiinţei.

3. Gîndirea şi procesele de calcul din maşini

În cele ce urmează, ne vom ocupa de încă o problemă apărută în legătură cu dezvoltarea ciberneticii şi avînd, după opinia noastră, o mare importanţă filozofică. În forma ei generală, ea poate fi enunţată ca problemă a relaţiei dintre rezolvarea problemelor de către gîndirea omului şi de către maşini.

Date fiind realizările ciberneticii aplicate şi, îndeosebi, construirea a tot felul de calculatoare electronice, care rezolvă cu succes complicate probleme de matematică şi de logică, dat fiind că maşinile adaptate la diverse funcţiuni pot soluţiona probleme, nerezolvabile fără ajutorul lor, pot face traduceri, pot compune muzică etc., se vorbeşte astăzi mult despre „creiere electronice" sau „sintetice", se spune că maşinile gîndesc.

Astfel, inginerul american D. M. McKay a studiat problema „formării noţiunilor la automate" [24], iar W. Ross Ashby [25] îşi pune întrebarea dacă s-ar putea construi o maşină care să întreacă prin „facultăţile ei intelectuale" pe omul care a creat-o.

Care este legătura dintre gîndirea umană şi „rezolvarea problemelor" de către o maşină? Este o temă de mare importanţă filozofică. În primul rînd, se pune întrebarea de ce se arată maşina capabilă să-l ajute pe om în rezolvarea unor probleme de logică.

Reamintim că ideea creării unor maşini logice este departe de a fi nouă şi că, încă în secolul al XIII-lea, logicianul peripatetician spaniol Raymundus Lullus a avut ideea unui „procedeu mecanic de găsire a adevărului".

[24] Vezi culegerea „Avtomati", pp. 306—325.
[25] *Ibidem*, pp. 279—305.

Drept adevărat precursor al logicii matematice și al matematicii automate trebuie considerat filozoful idealist Leibniz. Dar idealismul, în forma sa cea mai dezvoltată, în forma sa clasică pe care a luat-o la Hegel, a avut o atitudine negativă atît față de ideea matematizării logicii, cît și față de ideea mașinilor logice.

Hegel nu a tăgăduit necesitatea regulilor formale, care transformă rezolvarea problemelor de matematică în ceva *mecanic*. El considera legitimă existența unor mașini care efectuează operații aritmetice (nici nu era posibil să se nege o mașină existentă), însă Hegel a fost un adversar principial al formalizării logicii, un adversar a ceea ce se numește astăzi calcul logic. „Numerele — scrie Hegel — sînt un material străin conceptului, operația de calcul este reunire sau despărțire exterioară, un procedeu mecanic, și noi știm că au fost efectiv inventate mașini de calcul care efectuează aceste operații ; dimpotrivă, cînd operăm cu determinațiile formale ale raționamentului, care sînt concepte, ca și cum ar fi un material străin conceptului, acesta este lucrul cel mai revoltător și mai insuportabil“ [26]. Hegel considera crearea unei mașini logice drept ceva imposibil.

Lucrările lui Leibniz din domeniul caracteristicii universale și al calculului combinatoriu al formelor de raționament erau pentru Hegel un model dus pînă la absurd „de interpretare străină conceptului a determinațiilor conceptuale ale raționamentului“.

Însăși ideea lui Leibniz referitoare la caracteristica universală era considerată de Hegel lipsită de maturitate și superficială. „Aplicarea de către Leibniz a calculului combinărilor la raționament și la îmbinarea altor noțiuni — scrie el — nu s-a deosebit prin nimic de *arta lui Lullus*, în afară de caracterul ei mai metodic din punct de vedere *aritmetic*, fără a fi însă mai prejos decît ea prin lipsa de sens“ [27].

În general, în critica hegeliană a încercărilor de construire a logicii pe baza unui formalism matematic și de utilizare a ei pentru crearea unor mașini matematice există un anumit element rațional. Plecînd de la natura dialectică a conceptului, Hegel era de părere că nici o fixare formală nu poate fi adecvată esenței lui. El i-a reproșat lui Leibniz că operează cu noțiunea „ca și cum în conexiunea rațională care este esențialmente dialectică, un anumit conținut și-ar mai păstra aceleași determinații pe care le are atunci cînd este fixat aparte“ [28].

[26] Hegel, *Opere*, vol. VI, p. 131 (ed. rusă).
[27] *Ibidem*, p. 132.

Desigur, Hegel avea dreptate considerînd că logica formală nu poate reflecta supleţea și fluența dialectică a conceptelor. Dar aceasta nu exclude legitimitatea și necesitatea studiului structurii formale a gîndirii. Incontestabil, considerînd conceptele ca fiind date o dată pentru totdeauna, logica formală le răpește din finețe, iar într-un anumit sens le ia viața. Dar fără această îngroșare prealabilă, procesul cunoașterii nu este posibil. Aceasta este valabil atît pentru procesul cunoașterii lumii obiective, cît și pentru studiul procesului cunoașterii.

Unitatea contrariilor este cunoscută prin scindarea acestei unități. „Noi nu putem — scrie V. I. Lenin — reprezenta, exprima, măsura și înfățișa mișcarea fără să întrerupem continuitatea, fără să simplificăm, să luăm grosso modo, să fragmentăm și să mortificăm ceea ce este viu. Prezentarea mișcării de către gîndire este întotdeauna o simplificare, o mortificare, și nu numai de către gîndire, ci și de către senzații, și nu numai a mișcării, ci și a *oricărui* concept“ [29].

Așadar, în procesul cunoașterii nu putem să nu îngroșăm, într-o anumită măsură, realitatea. Iar supleţea dialectică a noțiunilor nu exclude, ci chiar, dimpotrivă, presupune îngroșarea lor prealabilă, între altele, prin mijloacele logicii simbolice. În formă generală, Hegel nu a negat, nici el, valoarea, ce e drept limitată, a logicii formale, deci și, în esență, valoarea formalizării logicii.

Dar atitudinea negativă a lui Hegel față de aplicarea matematicii în logică are și o altă rădăcină, și aceasta este cea principală. Ea constă în idealismul lui Hegel. Hegel nu admitea, în principiu, că operarea cu conceptele poate deveni mecanică, putînd fi efectuată de o mașină, deoarece „specificul conceptului și al determinațiilor sale constă în aceea că ele *se corelează* între ele ca esențe spirituale și prin această corelare își *depășesc* determinația *nemijlocită*“ [30]. Așadar, după Hegel, operarea cu noțiunile și relațiile dintre ele este inaccesibilă matematicii, pentru că ele sînt esențe spirituale, iar relațiile dintre ele sînt relații spirituale.

Este cunoscut că, pentru dualistul Kant, imperiul „lucrurilor în sine“ și imperiul gîndurilor sînt două tărîmuri deosebite,

[28] Hegel, *op. cit.*, p. 132.
[29] V. I. Lenin, *op. cit.*, p. 257.
[30] Hegel, *op. cit.*, p. 132.

subordonate la două serii de legi diferite, independente unele de celelalte. Pentru Kant, formele de gîndire sînt apriorice. Hegel a supus unei critici aspre dualismul lui Kant. Dar nici monistul Hegel, dat fiind caracterul idealist al filozofiei sale, nu a admis că legile conceptului pot fi exprimate, chiar aproximativ, cu ajutorul unor „lucruri străine conceptului".

Se ştie că Hegel — şi acesta este unul dintre meritele sale — a luptat pentru o logică în care formele să fie comprehensive, s-a străduit, deşi într-o manieră idealistă, să lichideze divorţul dintre logică şi ontologie. Pentru el, tot ce e real este raţional, iar raţiunea este întrupată în natură. Dar ideea, în ipostaza ei naturală, este atît de profund degradată ca idee, iar lucrurile, în nemijlocirea lor, sînt atît de străine de concept, încît gîndul posibilităţii unei maşini logice în care lucruri materiale să realizeze operaţii logice i se părea lui Hegel o profanare.

Or, teza posibilităţii mecanizării procesului de gîndire, adică a utilizării maşinilor pentru rezolvarea unor probleme de logică este profund materialistă şi, totodată, dialectică. La baza ei stă afirmarea gîndirii ca proces natural, subordonat unor legi naturale (obiective). „...Gîndirea şi conştiinţa — scrie F. Engels — ...sînt produse ale creierului omenesc şi... însuşi omul este un produs al naturii, care s-a dezvoltat în mediul lui înconjurător şi împreună cu acesta" [31].

Desigur, noţiunea este o entitate spirituală, dar nu în sens hegelian. Ideile sînt imateriale; ele sînt imagini subiective ale lumii obiective. Ele sînt subiective, deoarece aparţin subiectului, conştiinţei sale. Dar gîndirea omului este o reflectare a lumii exterioare; şi nu numai conţinutul gîndirii, ci şi forma ei logică îşi au baza în lumea însăşi, în obiecte înseşi. De aceea, legile gîndirii, legile logicii sînt un analog al lumii, al relaţiilor care există în ea.

Combătînd cu hotărîre ruptura dintre logică şi ontologie, dintre legile gîndirii şi legile existenţei, Engels scrie că acestea sînt „două grupe de legi, identice în esenţa lor..." [32]. Această teză a lui Engels este valabilă nu numai pentru legile dialecticii care, fiind legi ale existenţei, sînt totodată şi legi ale gîndirii. Ea este valabilă şi pentru legile logicii formale, pentru figurile logice, care sînt subiective prin apartenenţa lor, dar obiective prin

[31] F. Engels, *Anti-Dühring*, p. 45.
[32] K. Marx, F. Engels, *Opere alese în două volume*, vol. II, E.S.P.L.P., Bucureşti, 1955, p. 419.

originea şi prin conţinutul lor profund. Legătura dintre noţiuni, formele corecte, bine determinate ale acestei legături, care constituie una dintre condiţiile importante ale gîndirii adevărate, sînt o reflectare a conexiunilor generale şi stabile dintre lucruri.

„Cele mai obişnuite «figuri» logice... sînt, şcolăreşte diluate, sit venia verbo (scuzaţi expresia! — *N. T.*), cele mai obişnuite raporturi între lucruri" [33]. Figurile logice, adică relaţiile dintre noţiuni şi judecăţi sînt considerate de Lenin ca fiind identice cu relaţii determinate dintre lucruri. Firește, aceasta nu înseamnă că noţiunile ar fi lucruri. Aceasta nu înseamnă nici că ansamblul relaţiilor dintre noţiuni ar fi identic cu ansamblul relaţiilor dintre lucruri. Gîndirea, ca proces individualizat, cu un specific propriu şi cu o cale de dezvoltare proprie, are legi care-i sînt inerente. Dar relaţiile dintre noţiuni, considerate sub aspectul structurii lor, coincid cu anumite relaţii dintre lucruri.

Aceste relaţii dintre lucruri se întipăresc în conştiinţa omului în calitate de forme de gîndire în procesul activităţii sale practice, în primul rînd în procesul de producţie. „...practica omului, repetîndu-se de miliarde de ori, se imprimă în conştiinţa omului ca figuri logice. Aceste figuri au trăinicia unei prejudecăţi şi un caracter axiomatic, tocmai (şi numai) datorită acestei repetări de miliarde de ori" [34].

Teza lui Marx, că idealul este materialul transplantat în mintea omului şi prelucrat de aceasta, este valabilă nu numai pentru conţinutul idealului, ci şi pentru formele lui.

Din toate acestea decurg concluzii extrem de importante.

Dacă în formele şi în figurile gîndirii logice se reflectă lucrurile şi relaţiile dintre ele, atunci studiul formelor de gîndire, mai corect, rezultatele cercetării acestor forme pot şi trebuie să aibă o anumită valoare nu numai în logică, ci şi în afara ei.

În studiul conexiunilor obiective, proprii realităţii, omenirea recurge la toate mijloacele aflate la dispoziţia ei. Ea nu poate neglija copiile binecunoscute, şi pe care le posedă, ale acestui original, anume formele gîndirii corecte, în care au fost fotografiate de mult şi independent de voinţa omului unele importante relaţii obiective. Pentru materialism, însemnătatea aplicării în tehnică a logicii matematice este pe deplin clară. Este cunoscut că legile elementare ale logicii formale — principiul identităţii, principiul contradicţiei şi principiul terţiului exclus — au drept

[33] V. I. Lenin, *op. cit.*, p. 170.
[34] *Ibidem*, p. 211.

conţinut ontologic principal relativa stabilitate a lucrurilor, determinarea lor calitativă, deosebirea lor calitativă de alte lucruri; ceea ce denumim axioma silogismului exprimă în limbajul logicii o relaţie obiectivă, inerentă lucrurilor înseşi etc.

De aceea, un aparat logic dezvoltat poate servi ca un mijloc eficient în cercetarea şi în sinteza unor sisteme obiective, în a căror funcţionare, conţinutul ontologic al figurilor şi al structurilor logice joacă un rol esenţial. Schemele cu contacte şi relee, de exemplu, sînt tocmai astfel de sisteme. Funcţionarea lor este întemeiată pe principiul „da — da; nu — nu", deoarece un releu se află în una dintre două stări (stabilit — întrerupt), şi numai în una. Acelaşi lucru este valabil şi pentru sistem în ansamblu. Starea unui sistem, ca întreg, este în funcţie de starea (stabilirea sau întreruperea) elementelor sale. De aceea, nu este nimic supranatural în faptul că într-un dispozitiv tehnic se realizează, se obiectivează un proces logic.

Legile naturii, reproduse în activitatea practică a omului sub aspectul de forme, structuri logice, sînt folosite de el în tehnică. Aşa stau lucrurile în realitate. Idealiştii, descoperind în natură aceleaşi legi care acţionează şi în gîndire şi constatînd corespondenţa dintre existenţă şi gîndire (în cazul de faţă, pe planul formei) trag concluzia opusă, mergînd pe urmele lui Hegel: natura este o figură logică, ea este un raţionament, pe scurt ea este o ipostază a raţiunii.

În realitate — iar realizările tehnicii, bazate pe aplicarea logicii la analiza şi la sinteza diverselor scheme confirmă aceasta —, lucrurile se prezintă altfel. Rezultatele abstracte ale logicii îşi găsesc o tot mai vastă aplicare, exterioară logicii (tehnică şi de altă natură), întîi, pentru că ele sînt o *reflectare a relaţiilor din realitate*, prin urmare ele pot servi ca mijloc pentru studiul indirect al acestei realităţi, iar al doilea, pentru că sînt reflectări ale unor relaţii avînd o *foarte largă răspîndire în realitate* şi pot fi interpretate, de aceea, pe căi dintre cele mai variate.

Se ştie că omul, punînd între el şi natură diverse dispozitive tehnice, nu desfiinţează legile naturii, ci le foloseşte. Aceasta înseamnă că, alegînd sau creînd cutare sau cutare condiţii, omul dirijează acţiunea legilor în sensul care îi este necesar.

Dar dacă orice structură logică nu este altceva decît o anumită formă de reflectare a unei legi obiective, atunci reiese de aici că rezultatul obţinut de gîndirea noastră printr-o serie de operaţii logice are şi el ca prototip un anumit proces obiectiv

sau obiectiv posibil, o anumită stare obiectivă sau obiectiv posibilă a unui lucru. Aşadar, întemeindu-ne pe cunoaşterea legilor logice (şi, implicit, pe cunoaşterea legilor realităţii), putem *organiza artificial un proces* al cărui rezultat să fie un analog obiectiv al deducţiei (rezultatului), adică o stare a obiectului pe baza căruia omul îşi poate face uşor o idee asupra concluziei logice a unor premise anumite.

În principiu, o maşină logică, o maşină de calcul sau alte maşini care uşurează activitatea intelectuală a omului nu se deosebesc în această privinţă de orice altă maşină. În adevăr, orice sistem tehnic uzual funcţionează pe baza unor legi obiective, cunoscute de om. Aşadar, avem:

1. Legile obiective ale naturii, care guvernează procesele naturale;
2. Reflectarea acestor legi în conştiinţa omului, adică legile ştiinţei;
3. Folosirea legilor ştiinţei în interesul omului.

Pe prima treaptă şi pe a treia avem a face cu procese obiective. Însă pe prima treaptă omul nu intervine asupra lor, iar pe a treia el intervine potrivit intereselor sale, pentru a obţine rezultatul care-i este necesar. Acest rezultat este un anumit lucru, un obiect trebuincios omului.

În cazul special al folosirii legilor naturii, în interesul omului, la maşinile logice, această schemă se complică întrucîtva:

1. Legile obiective ale naturii.
2. Reflectarea lor în conştiinţa omului, în calitate de forme de gîndire (adică formarea gîndirii logice).
3. Conştientizarea lor în calitate de forme de gîndire (constituirea logicii formale ca ştiinţă).
4. Înţelegerea formelor de gîndire, ca reflectări ale legilor existenţei (această înţelegere poate să nu fie pe deplin conştientizată, adică să fie spontană).
5. Folosirea legilor cunoscute ale logicii, adică a legilor reflectate ale naturii, în interesul omului.

Deşi această schemă este mai complicată, ea coincide, în elementele ei esenţiale, cu schema generală a folosirii legilor naturii de către om.

Produsul final al funcţionării unei maşini obişnuite este un lucru. „Produsul" final al funcţionării unei maşini logice sau matematice este o stare determinată a maşinii însăşi (la ieşirea ei). Acest rezultat este tot atît de obiectiv, ca şi întregul proces care se desfăşoară în maşină. *Omul* percepe această stare a

maşinii şi, prin activitatea sa senzorială şi raţională, *o descifrează ca soluţie a problemei. Numai pentru om aceasta este o soluţie în sens logic şi psihologic.* În maşină nu există noţiuni, judecăţi, concepţii etc.

În maşinile cu acţiune continuă, curba de pe ecranul osciloscopului nu este mai puţin obiectivă decît traiectoria unor particule în orice alt caz. În principiu, acelaşi fenomen are loc şi în maşinile digitale. În maşină nu se formează idei, noţiuni, judecăţi, silogisme. Dar, ca rezultat al unei anumite organizări a proceselor ce au loc în maşină, conţinutul ontologic al noţiunii sau al judecăţii căutate este scos la iveală, devine evident (în accepţia literală a cuvîntului).

Într-o anumită măsură, rolul maşinii este similar cu cel al unei instalaţii experimentale. Experimentul *dă* un răspuns la o anumită problemă pusă de experimentator. Însă rezultatul experimentului este un răspuns la problemă *numai pentru om*. Acelaşi lucru se poate spune şi despre o maşină logică. Aceste teze trebuie relevate în mod deosebit, pentru că în literatura de cibernetică se afirmă adesea că maşina gîndeşte, formează noţiuni etc.

Să analizăm articolul lui D. M. McKay, *Problema formării noţiunilor în automate*, consacrat acestor probleme [35].

După cum arată autorul, articolul examinează problema trecerii „de la specificitatea grosolană, a informaţiei obţinute, la reprezentarea fizică a cazului considerat, în termenii unor noţiuni universale", respectiv problema desprinderii şi simbolizării de către maşină (fixînd prin anumite stări ale ei), din ansamblul informaţiei pe care o primeşte continuu, a anumitor şiruri de „stimuli", care se repetă în timp, frecvent sau conform unei legi.

Într-o anumită privinţă, o astfel de funcţionare a maşinii ar fi un analog al formării noţiunilor pe baza unor percepţii. După McKay, problema poate fi rezolvată pe două căi. În primul rînd, putem alege ca simboluri fundamentale o mulţime de elemente din interiorul mecanismului, luate după bunul nostru plac. Stările lor ar fi modificate, printr-un proces de codificare determinat de fluxul de informaţie, în aşa fel încît fiecărei stări a cîmpului exterior, posedînd o anumită caracteristică, să-i corespundă în maşină un simbol determinat. De exemplu, dacă la intrare vin figuri geometrice diferite, atunci fiecărui cerc îi corespunde un simbol standard, indiferent de dimensiunile cercului.

[35] Vezi culegerea „Avtomati", pp. 306—325.

Dar, scrie McKay, problema poate fi rezolvată şi printr-o metodă esenţialmente diferită, pe care el o ilustrează prin următorul exemplu simplu. Fie un şofer care conduce, cu o viteză constantă, un automobil. Atunci şirul de mişcări ale braţelor şoferului, care se înregistrează, corespunde unui profil geometric determinat al drumului, sau, pentru a ne exprima în limbajul teoriei automatelor, succesiunea de mişcări ale braţelor şoferului reprezintă profilul geometric al drumului. Să admitem acum că drumul ar fi format numai din segmente *de dreaptă* şi din unghiuri de dimensiuni standard, precum şi că maşina ar fi condusă prin acţionarea a două butoane *S* (viraj spre stînga) şi *D* (viraj spre dreapta). Ca şi în primul caz, şirul de mişcări *SDDSD...*, pe care le face şoferul cu braţele, este o *reprezentare* a formei drumului.

Acum ne putem imagina că automobilul nu este condus de un şofer, ci de un dispozitiv cu mecanism de urmărire, avînd un sistem de celule fotoelectrice sau de alte aparate sensibile, capabile să distingă cotiturile drumului. Fie forma drumului (adică succesiunea de cotituri spre stînga şi spre dreapta) pe o porţiune mai lungă supusă unei anumite legi *SDSDSD...*, şi nu dezordonată. În acest caz, este de preferat ca mecanismul să aibă o mai mare disponibilitate de a acţiona *S* după *D* şi *D* după *S*, decît orice altă succesiune. Aceasta devine posibil, de exemplu, printr-un sistem activ secund, care generează o succesiune de semnale S_1 şi D_1. Această succesiune se foloseşte pentru comanda butoanelor *S* şi *D*, ţinîndu-se seama de corecţia adusă de desfăşurarea drumului. Aşadar, servosistemul creează, în conformitate cu profilul drumului, o configuraţie de semnale pentru sine, necesare pentru concordanţa ulterioară cu drumul.

Crearea de către o maşină cu autoreglaj a unor astfel de programe organizatoare (corespunzînd unui cîmp exterior) este considerată ca formare de noţiuni (de diverse grade de abstracţiune), ipoteze etc.

Lucrarea lui McKay este, în unele privinţe, tipică.

În primul rînd, este o lucrare de cibernetică aplicată, care conţine ideea sintezei unor automate de un tip determinat. Crearea unor automate de acest tip ar juca, incontestabil, un rol important în tehnică. Menţionăm, în legătură cu aceasta, că un astfel de automat ar putea fi utilizat, după toate probabilităţile, la modelarea unor anumite laturi ale relaţiilor dintre primul şi al doilea sistem de semnalizare, dintre senzorial şi raţional în cunoaşterea individuală, între ceea ce este doar *perceput* şi ceea

ce este *cunoscut*. Corelatul cunoscutului, spre deosebire de ceea ce este doar perceput, este o expresie simbolizată (de o stare a automatului) a răspunsului mecanismului, prezentînd o concordanţă satisfăcătoare cu fluxul de informaţie din exterior. Este extrem de interesant că, după cum, în subiect, formarea noţiunilor este indisolubil legată de limbaj, de exprimarea lor prin cuvinte, tot astfel, în automat, analogul noţiunii are, în principiu, neapărat nevoie de un simbol.

Tipul de automat descris de McKay pare să creeze posibilităţi reale pentru analogii foarte cuprinzătoare, iar înfăptuirea lui practică ar putea conţine o serie de aspecte pentru logica, psihologia şi, eventual, lingvistica experimentală.

Pe scurt, calea pentru sintetizarea unui tip de automate, tratată în articolul lui McKay are, fără îndoială, o mare importanţă aplicativă.

Totodată, McKay identifică, într-un mod cu totul nelegitim, dar caracteristic pentru mulţi cibernetic ieni, funcţionarea automatului cu gîndirea omului. El este de părere că maşina pe care o descrie formează noţiuni, ba chiar noţiuni de care nu dispune constructorul ei, adică maşina realizează — după concepţia sa — o reflectare a realităţii într-o formă logică şi funcţionează în conformitate cu această reflectare.

Pe ce se bazează, în fond, aceste afirmaţii ale lui McKay?

a. Simbolizarea determinată — reprezentarea în maşină, — adică ceea ce McKay denumeşte noţiune, este invariantă în raport cu fluxurile de informaţie de la intrare care diferă unele de altele într-un mod neesenţial pentru procesul considerat, şi realizează desprinderea a ceea ce este comun, general.

b. Procesul de formare a simbolizării în automat, descris de McKay, nu merge într-un singur sens de la „receptor" (aparatul sensibil) la reprezentare, ci cuprinde şi un sistem secundar care, *fiind activ*, îşi pune în concordanţă activitatea (crearea de programe) cu cîmpul exterior.

c. Aici, informaţia (de la intrare) despre insuficienta concordanţă a programului cu cîmpul exterior (semnal de eroare) nu determină încă în mod univoc răspunsul maşinii. Acesta depinde de experienţa trecută, adică se dobîndeşte experienţă nouă prin probe şi erori.

Să analizăm aceste argumente.

În adevăr, printr-un anumit proces de codificare, automatul reprezintă prin simboluri standardizate complexe de informaţie distincte, dar asemănătoare sub aspecte determinate. Se poate spune să între grupurile de elemente de informaţie, similare pe baza unui anumit criteriu, pe de o parte, şi aceste reprezentări standard din automat, pe de altă parte, se realizează o corespondenţă biunivocă: fiecărei caracteristici (sau fiecărui grup de elemente, de obiecte avînd această caracteristică) îi corespunde un simbol, şi invers. Cu alte cuvinte, unei clase de obiecte din exteriorul maşinii, care posedă o caracteristică dată, îi corespunde — în interiorul maşinii — un simbol (sau un sistem de simboluri) determinat, după cum acestei clase îi corespunde o noţiune determinată în conştiinţa omului.

Este oare aceasta o raţiune suficientă pentru a considera că un simbol format de maşină, adică o stare determinată a ei, ar fi o noţiune? Indiscutabil că nu.

După cum se ştie, în realitatea obiectivă există corespondenţe biunivoce între mulţimi de elemente a căror natură este cu totul diferită. În particular, sînt foarte răspîndite corespondenţele biunivoce dintre mulţimi, în cadrul cărora fiecărui grup de elemente dintr-o mulţime (acest grup este considerat ca element al mulţimii) îi corespunde un element individual al unei alte mulţimi.

În particular, aceasta este şi relaţia dintre noţiunile unei teorii şi grupurile de obiecte cărora aceasta le este adecvată (dacă facem abstracţie de evoluţia noţiunilor în cadrul teoriei). Dar aceeaşi relaţie este posibilă, de exemplu, între mai multe interpretări diferite ale aceluiaşi sistem deductiv, între mai multe sisteme de obiecte izomorfe.

Dar nu calificăm drept sistem de noţiuni nici unul dintre două sisteme de obiecte izomorfe. Geometria lui Lobacevski sau a lui Euclid sînt sisteme de noţiuni în care sînt reflectate grupuri de obiecte distincte. Aceste grupuri de obiecte însă, deşi există între ele o corespondenţă univocă, nu trebuie să fie noţiuni. În mod analog, o reflectare generalizată în mod clar a cîmpului exterior prin simboluri din automat nu este încă un argument în favoarea tezei că aceste simboluri ar fi noţiuni.

Mai departe, faptul că procesul de simbolizare nu se desfăşoară într-un singur sens, ci pe linia punerii în concordanţă a sistemelor, nu este nici el specific pentru formarea noţiunilor. În realitatea obiectivă, componentele variate ale diverselor sisteme materiale relativ stabile se pun în concordanţă una cu alta, se adaptează una la alta. Aceasta însă nu este o mărturie că în unul dintre aceste sisteme s-ar forma noţiuni. Un astfel de tip de conexiune există, bunăoară, între evoluţia organismelor şi

mediu [36]. Se poate spune că variaţiile mediului sînt reprezentate printr-un anumit proces de codificare în variaţiile organismului. Totodată, procesul de codificare asigură invarianţa simbolurilor (stărilor organismului) în raport cu mulţimi de variaţii ale mediului care influenţează biologic în acelaşi fel organismul. Este, de asemenea, clar că simbolurile se formează aici printr-un flux cu două sensuri: organisme diferite reacţionează în mod diferit la aceleaşi variaţii ale mediului. Cele arătate mai sus sînt valabile nu numai pentru animalele superioare cu o înaltă dezvoltare, ci şi pentru plante, pentru microorganismele cele mai simple.

In privinţa organismelor inferioare, este în afară de orice îndoială că ele nu formează noţiuni şi că nu găsim la ele nici măcar forme relativ simple de reflectare psihică a realităţii. Ele au însă proprietatea de excitabilitate.

Toate acestea atestă, nu capacitatea naturii de a forma noţiuni şi în afara omului, dar că, după cum a arătat V. I. Lenin, reflectarea este o proprietate universală a materiei. Aceasta înseamnă că diversele sisteme şi obiecte materiale, a căror natură rămîne aceeaşi, conservă urmele unor obiecte exterioare, care acţionează asupra lor. Nu avem însă voie să identificăm reflectarea, în genere, cu formele superioare ale reflectării, dintre care face parte şi noţiunea.

Cît priveşte „dobîndirea de experienţă", nici aceasta nu este o proprietate exclusivă a fiinţelor care gîndesc. La animale se formează reflexe condiţionate, care reflectă experienţa lor individuală. In principiu, reflexele condiţionate se pot transforma, în procesul evoluţiei, în reflexe necondiţionate şi, astfel, „experienţa" se transmite ereditar.

Aşadar, nici unul dintre argumentele lui McKay (şi nici toate împreună) nu atestă că automatele ar forma noţiuni. In toate aceste cazuri, omul, cunoscînd legile naturii şi legile diverselor corpuri şi sisteme obiective, organizează în aşa fel desfăşurarea proceselor, încît generalul, obiectiv inerent lucrurilor, fie că este perceput relativ uşor de către om (este decodificat, descifrat), fie că acţionează nemijlocit asupra unui anumit proces în direcţia necesară omului.

[36] Ne este indiferent aici dacă variaţiile ereditare ale organismului au un caracter adecvat direct modificării mediului sau dacă adaptarea este un rezultat al selecţiei. In acest din urmă caz, variaţiile mediului vor fi reprezentate printr-o serie de forme consecutive, abstracţie făcînd de cele intermediare.

Problema deosebirii dintre formarea noţiunilor în conştiinţa omului, pe de o parte, şi simbolizarea proprietăţilor constante ale cîmpului exterior de către automate, pe de altă parte, este o problemă complicată. Ea cuprinde o serie de aspecte.

Să relevăm unele dintre ele.

Avem, în primul rînd, aspectul social-istoric. Conştiinţa, inclusiv formarea noţiunilor şi a celorlalte reprezentări logice ale realităţii, este un produs social. Ea a apărut istoric, o dată cu apariţia societăţii, pe baza procesului de muncă, şi, totodată, societatea, procesul de producţie constituie premisa permanentă şi condiţia necesară a dezvoltării şi a funcţionării conştiinţei. Insă în procesul de producţie, în procesul muncii, diversele elemente joacă un rol diferit. In cadrul acestui proces, omul transformă natura potrivit cu interesele sale. *El* transformă substanţa naturii pentru satisfacerea nevoilor sale şi, *în conformitate cu aceasta, el desfăşoară o activitate orientată spre un scop bine determinat, fără care nu există proces de muncă.*

Pentru a-şi atinge scopurile, omul pune între sine şi obiectele muncii mijloacele de muncă. Maşina, oricît ar fi de dezvoltată, rămîne totdeauna un mijloc de muncă. Iar în procesul de producţie, orice sistem cibernetic creat de om, orice automat, inclusiv unul care ţine seama de experienţa trecutului, rămîne un mijloc de muncă. El nu este „o fiinţă gînditoare", deoarece producţia nu transformă substanţa naturii în interesul său, *nu el este cel care determină, în ultimă instanţă, scopul procesului.* El nu este decît un mijloc pentru atingerea ţelului. Maşina acţionează în conformitate cu un program în care este materializat scopul propus de om.

Gîndirea, care cunoaşte legile naturii, apare şi se dezvoltă în procesul transformării naturii. Ea apare în om; omul care gîndeşte îşi subordonează natura, silind-o să acţioneze „raţional", conform unui scop. Aceasta nu înseamnă însă că un sistem tehnic creat de om ar fi efectiv înzestrat cu raţiune. El este raţional, în sensul că materializează în sine raţiunea omului, că serveşte interesele sale, şi nu în sensul că ar forma singur noţiuni.

In procesul producţiei, oamenii intră în relaţii de producţie, în relaţii economice unii cu alţii. Relaţia omului cu automatul este economică doar în sensul că există o anumită formă de proprietate asupra automatului, ca şi asupra celorlalte mijloace de producţie. Pe baza relaţiilor economice dintre oameni se dezvoltă ideologia lor, concepţiile lor asupra societăţii. Conştiinţa omului nu se mărgineşte să fixeze existenţa unor anumite rînduieli, ci

cuprinde şi o atitudine determinată faţă de ele. In schimb, automatul, deşi poate simboliza anumite laturi ale realităţii sociale, este cu totul incapabil să-şi exprime o „atitudine" faţă de ele. Este un nonsens să vorbim despre concepţiile, despre ideologia unui automat.

Al doilea aspect al problemei este legat de primul. In procesul activităţii sale practice, omul devine subiect, „eu", el se desprinde din mediu şi se opune acestuia. El există nu numai „în sine", ci şi „pentru sine", el este conştient de atitudinea sa faţă de lumea exterioară şi această proprietate îi este inerentă numai lui, deoarece, de exemplu, animalele se adaptează la natură şi o transformă doar în virtutea simplei lor existenţe, pe cînd omul transformă natura în conformitate cu interesele sale. *Această opoziţie obiectivă a omului faţă de restul naturii, care se realizează în muncă, este cea care generează opoziţia dintre om şi lumea exterioară în calitate de subiect şi de obiect.*

Acest specific al omului care-l deosebeşte, în particular, de animale, a fost relevat de Marx: „Animalul se confundă cu activitatea sa vitală. El nu se deosebeşte de ea. El este *ea*. Omul face din activitatea sa vitală obiectul voinţei şi al conştiinţei sale. El are o activitate vitală conştientă. Aceasta nu este o categorie determinată cu care el se identifică nemijlocit. Activitatea vitală conştientă deosebeşte pe om, în mod nemijlocit, de activitatea vitală animalică" [37]. Este vorba aici despre faptul că omul se desprinde pe sine din natură, aşa încît el ajunge să se considere pe sine însuşi, să devină subiect, „eu".

Automatul este un element al procesului de producţie, care stă faţă în faţă cu omul doar ca un mijloc de producţie. In această calitate, el nu se deosebeşte de obiectul muncii. La fel cu toporul, cu lopata, cu materia primă etc., automatul este un element obiectiv, substanţial al producţiei. La om, gîndirea, formarea noţiunilor, este inseparabilă şi imposibilă fără celelalte componente ale activităţii psihice: afectivitatea, voinţa etc. Toate acestea nu pot fi proprii unui automat.

Şi aici trebuie să subliniem din nou deosebirea esenţială dintre un automat şi organismele vii, pe care am relevat-o mai sus. Formarea noţiunilor în conştiinţa omului are la bază un proces material cu totul diferit de cel al formării simbolurilor în automat. Substratul material al tuturor proceselor cognitive îl con-

[37] K. Marx — F. Engels, *Despre artă şi literatură*, E.P.L.P., Bucureşti, 1953, p. 45.

stituie procesele neurofiziologice. Gîndirea este o funcţiune a creierului, iar în absenţa creierului, nu există gîndire.

Desigur, aceste aspecte ale deosebirilor dintre simbolurile automatului şi noţiunile omului nu rezolvă integral problema. Dar sîntem de părere că ele pot servi ca o anumită cale pentru a o aborda. Aceste deosebiri pot fi însumate, spunînd că formarea noţiunilor, gîndirea este un proces inerent fiinţei social-istorice, adică omului, şi străin automatului, care este un mijloc de muncă.

Din acest punct de vedere, controversele pe tema dacă maşina poate sau nu să fie mai inteligentă decît creatorul ei se dovedesc lipsite de sens. Or, în literatura de cibernetică întîlnim frecvent susţineri privitoare la maşini care îşi întrec constructorii prin „facultăţile lor intelectuale".

Să analizăm, din această perspectivă, articolul *Schema de amplificator al facultăţilor intelectuale*, scris de W. Ross Ashby, unul dintre întemeietorii ciberneticii. Articolul pune direct problema dacă omul este în stare să construiască maşini care să posede „facultăţi intelectuale sintetice", „superioare facultăţilor creierului său" [38]. La fel cu articolul lui McKay, lucrarea lui Ashby prezintă, în perspectivă, un mare şi incontestabil interes pentru dezvoltarea tehnicii. Insă el conţine, de asemenea, analogii nejustificate între om şi automat. Autorul pare să scape din vedere că automatul, ca atare, nu gîndeşte, ci este doar o unealtă în mîinile omului, permiţîndu-i *omului* să gîndească mai repede, să cuprindă cu gîndirea sa clase mai bogate de obiecte etc.

Ashby începe prin a susţine că oamenii nu au motiv să fie entuziasmaţi de productivitatea geniului. „Nimic nu este mai uşor — declară el — decît să creăm idei noi: în condiţiile unei interpretări corespunzătoare, un caleidoscop, intestinele unei oi sau un tub perturbator le pot crea din abundenţă. Remarcabilă la geniu este priceperea de a tria posibilităţile" [39]. Această idee este prezentată de Ashby în diverse variante şi ilustrată prin numeroase exemple. Un copil, raţionează el, poate gînguri $\sin^2\alpha+\cos^2\alpha=1$. Acelaşi lucru îl poate face, într-un alt cod, o clapetă în funcţiune. Dacă vom considera deplasarea în dreapta sau în stînga a unei molecule drept un şir de simboluri binare, atunci „moleculele din fiecare centimetru cub de aer vor reproduce *corect* acest şir, de peste o sută mii de ori pe secundă" [40].

[38] Vezi culegerea „Avtomati", pp. 281—305.
[39] *Loc. cit.*, p. 285.
[40] *Loc. cit.*, p. 284.

Mai departe, Ashby subliniază realitatea unui „amplificator de posibilităţi", pe care l-ar utiliza un izvor pentru crearea tuturor posibilităţilor, iar semnalul său de ieşire ar trece printr-un dispozitiv care le-ar selecţiona.

Desigur, o astfel de construcţie ar fi posibilă (şi Ashby încearcă să sintetizeze schema ei — aşa-numitul homeostat). Acest mod de construcţie a devenit posibil mai ales datorită dezvoltării ideii de interpretare, a teoriei codificării etc. În orice caz, un astfel de automat ar fi potrivit pentru rezolvarea unor probleme în care durata probelor este suficient de mică.

Dar chiar aici, Ashby comite două erori grave.

În primul rînd, după cum McKay abuzează de cuvîntul *noţiune*, Ashby abuzează de termenul *idee*. După Ashby, măruntaiele unei oi, o lampă perturbatoare etc. sînt un izvor de idei. De ce idei ? Pentru că, folosind un anumit cod, le putem interpreta ca idei determinate. „În condiţiile unei interpretări corespunzătoare" — spune Ashby. Dar toată esenţa problemei trebuie căutată în cuvintele „în condiţiile unei interpretări corespunzătoare".

Este clar că formula $\sin^2\alpha+\cos^2\alpha=1$ este cu totul lipsită de sens, ca simplu ansamblu de semne grafice. Ea are sens numai în măsura în care semnul „sin" simbolizează o funcţie anumită, o anumită relaţie din realitatea obiectivă şi în măsura în care îl percepem ca fiind corelatul acestei relaţii. Acelaşi lucru este valabil pentru „α", „cos α", „=", „1" etc. Fără interpretarea pe care *o dăm noi* simbolurilor, $\sin^2\alpha+\cos^2\alpha=1$ are tot atît de puţin sens ca şi, de exemplu, 2 sin α+c²o α 1=s, care conţine aceleaşi elemente.

Tot astfel, un anumit ansamblu de semne tipografice dintr-o carte este o colecţie de idei *numai* pentru omul care gîndeşte.

Cît priveşte măruntaiele oii, lampa perturbatoare sau mişcările unei molecule, faptul că prin intermediul lor putem exprima alte procese obiective nu atestă că ele ar fi „idei" sau alte reproduceri logice ale realităţii. El înseamnă doar că ele sînt subordonate unor legi determinate, care sînt în relaţii anumite cu alte procese obiective. Dacă ambele legi sînt cunoscute şi dacă a fost găsit codul care le leagă între ele, atunci un proces poate fi exprimat efectiv „în limbajul celuilalt", adică ne lovim aici iarăşi de o relaţie obiectivă între două procese sau de relaţiile dintre un proces şi o colecţie de simboluri, care nu au nimic comun cu ideile şi pot fi folosite pentru exprimarea ideilor, dacă

aceste idei sînt date de un om care reflectă logic realitatea în conştiinţa sa.

Mai departe, să admitem că semnalele emise de un izvor aleatoriu oarecare sînt interpretate de om ca anumite trăsături sau laturi ale unor obiecte reale şi că un dispozitiv automat alege, în indiferent ce mod, pe acelea dintre ele care au sens şi sînt adevărate.

Funcţionarea unui astfel de automat nu poate fi nici ea comparată, prin tipul ei, cu activitatea intelectuală a omului. Gîndirea umană reală nu rezolvă de loc problemele care i se pun prin trierea tuturor cazurilor posibile (ea face aceasta numai pentru o sferă de probleme bine determinată) şi, cu atît mai puţin efectuează procesul gîndirii o alegere din toate combinaţiile de simboluri posibile. De regulă, omul nu combină într-un mod lipsit de sens. Reducerea gîndirii la o astfel de selecţie este un mecanicism extremist.

Un singur om, scrie Ashby, face să se învîrtească toate roţile dintr-o uzină, fără a încălca principiul conservării energiei. O mică meditaţie ne arată că acest proces prezintă două stadii. În primul stadiu, fochistul pune cărbune în cuptor ; în acest stadiu energia se conservă riguros. Introducerea cărbunelui în focar înseamnă începutul celuilalt stadiu, în care energia se conservă, de asemenea, pe măsură ce arderea cărbunelui determină procesul de producere a aburului şi, în sfîrşit, învîrtirea roţilor din uzină. Făcînd ca întregul proces — de la muşchii fochistului pînă la roţile maşinilor — să se desfăşoare în două stadii, legate de două cantităţi de energie ale căror mărimi pot varia între anumite limite, independent una de cealaltă, inginerul contemporan poate obţine o creştere totală a puterii. „Este oare posibil — întreabă Ashby — să copiem, în principiu, această metodă, astfel încît să obţinem o amplificare a procesului de selecţie ?" [41].

În general, împărţirea procesului de muncă în două stadii de tipul menţionat, cu scopul de a mări productivitatea muncii, a fost relevat încă de Marx, ca o importantă tendinţă progresivă în dezvoltarea tehnicii. „...Pe măsura dezvoltării marii industrii — scrie el — crearea adevăratei bogăţii devine mai puţin dependentă de timpul de muncă şi de cantitatea de muncă cheltuită decît de puterea agenţilor care sînt puşi în funcţiune în decursul timpului de muncă, agenţi care, ei înşişi, şi a căror mare productivitate, nu sînt în concordanţă cu timpul nemijlocit consumat pentru producerea lor, ci depind de starea generală a

[41] *Loc. cit.*, p. 286.

ştiinţei şi de gradul dezvoltării tehnologiei sau de aplicarea în producţie a acestei ştiinţe" [42].

Ashby ilustrează în felul următor bistadialitatea activităţii intelectuale. Fochistul „utilizează (mica) sa putere pentru a pune în funcţiune ceea ce furnizează puterea principală. Prin urmare, proiectantul trebuie să folosească mica sa capacitate de selecţie pentru a pune în funcţiune ceea ce va efectua selecţia principală" [43]. Trebuie să-i telefonez instalatorului de canalizare. Decid să-i telefonez lui Green, nu lui Brown. Am efectuat o alegere simplă. Secretara va alege din cartea de telefon numărul său dintre cele 50 000 de numere, adică efectuează o alegere (binară) de ordinul 15,6 ($2^{15,6}=50\,000$). Astfel, o alegere simplă determină nemijlocit o alegere de ordinul 15,6, şi avem aici, o anumită amplificare.

Aşadar, raţionează Ashby, este posibil să construim un amplificator de selecţie real, care să aleagă pe o gamă mai largă decît gama pe care o cuprinde proiectantul. Nu ne vom ocupa de schema tehnică a amplificatorului. Însă afirmaţia că, dîndu-i secretarei dispoziţia de a-l chema pe Green, nu am în gama mea întreaga mulţime a numerelor de telefon (50 000) este numai parţial adevărată. Ştiu, întîi, că această mulţime există, al doilea, că ea conţine numărul instalatorului şi, al treilea, acest lucru îl ştiu deoarece cartea de telefon este un rezultat al activităţii mele (de om). De exemplu, dacă numele lui Green nu ar figura cu certitudine într-o carte de telefon, ci, să zicem, în una dintre mai multe cărţi, atunci ar trebui (sau aş putea, pentru o mai mare eficienţă) să construiesc automatul în alt fel, sau să-i dau aceluiaşi automat un alt program. Prin urmare, proiectantul sau programatorul trebuie să dispună în gama lor, *într-un sens anumit* (nu pentru o alegere *nemijlocită*), de întreaga mulţime a stărilor posibile dintre care trebuie să aleagă maşina. Avem aici o nouă dovadă că maşina nu este superioară omului care a construit-o, ci este doar un mijloc în mîinile omului pentru uşurarea activităţii sale intelectuale, pentru sporirea productivităţii muncii sale.

In conformitate cu aceasta, comparaţia cu fochistul ne permite să punem pe acelaşi plan alegerea pe care omul o efectuează direct şi cea pe care o realizează cu ajutorul unei maşini, adică o alegere şi o alegere (după cum în exemplul precedent, cel cu

[42] *Din manuscrisele inedite ale lui K. Marx*, „Bolşevik", nr. 11—12, 1939, p. 61.
[43] Culegerea „Avtomatî", p. 286.

fochistul, aveam o energie şi o energie). Compararea „alegerii" pe care o face maşina cu facultatea de gîndire, în exemplul cu fochistul, nu are model. Ne lovim aici, iarăşi, de o încercare nejustificată de a considera omul şi maşina pe o bază de paritate.

După ce expune schema amplificatorului de selecţie, Ashby trece la analiza problemei *timpului* necesar pentru realizarea alegerii.

Prima evaluare a numărului de stări, dintre care trebuie să efectuăm căutările, se poate obţine ca produs al numărului stărilor fiecărei componente autonome. De exemplu, se constată că, în cazul în care avem pe o tablă de şah 10 figuri albe şi 10 negre, prezentînd fiecare, în medie, posibilitatea a cîte şase mutări, trebuie, pentru a găsi cele două mutări optime următoare, să cercetăm 6^{40} posibilităţi. *O maşină* care triază un milion de posibilităţi pe secundă ar efectua această muncă într-un *miliard de miliarde de ani*.

Acestea sînt posibilităţile reale ale „gîndirii maşinilor" care funcţionează după principiul alegerii simple, adică *sînt lăsate să lucreze singure*. Aşadar, chiar dacă vom presupune, contrar realităţii, că o maşină de acest tip posedă facultăţi intelectuale, că ea rezolvă problemele efectiv independent de om şi concurîndu-l pe acesta, vom constata că ea are nevoie de un miliard de miliarde de ani pentru a analiza două mutări de şah.

Nu putem să nu fim de acord cu Ashby cînd el trage concluzia că acesta este „un timp inadmisibil de îndelungat". Ashby nu este un fantast şi, firesc, el caută căi pentru scurtarea acestui timp. Aceste căi, el le găseşte. Însă toate metodele găsite de el sînt, în esenţă, direct sau indirect, metode de imixtiune a omului, de utilizare a cunoştinţelor lui.

Să examinăm pe scurt cîteva dintre ele.

Metoda modelelor. Avem o mulţime P, care conţine submulţimea de soluţii p. Metoda modelelor este aplicabilă, dacă se poate găsi o mulţime P_1, ale cărei elemente să poată fi asociate elementelor mulţimii P, în aşa fel încît elementele lui p_1 din P_1 corespunzătoare elementelor din p, să fie identificabile. In P_1 căutăm unul dintre elementele lui p_1; o dată ce l-am găsit, corespondenţa inversă ne va indica soluţia din P. Pentru ca aplicarea metodei să aibă sens, căutările în P_1 trebuie să fie într-atît mai repezi decît căutările în P, încît timpul consumat pentru cele trei operaţii — 1) trecerea de la P la P_1, 2) căutările în P_1, 3) trecerea înapoi de la p_1 la p — să fie mai mic decît timpul consumat pentru operaţia de căutare în P.

Aşadar, pentru ca funcţionarea homeostatului să aibă sens, se propune o modelare. Dar pentru a realiza modelarea, trebuie găsită o corespondenţă biunivocă între mulţimile P şi P_1. Pentru a realiza această operaţie, trebuie să cunoaştem legea prin care sînt definite aceste mulţimi (inclusiv mulţimea P). Prin urmare, constructorul (sau, eventual, cînd avem mai multe construcţii, programatorul) trebuie să dispună în gama sa de întreaga mulţime P, în accepţia cea mai directă. De aceea, afirmaţia că gama homeostatului este mai largă decît gama constructorului lui devine, în acest caz, falsă. Ea se întemeiază pe supoziţia greşită că mulţimea s-ar afla în cîmpul vizual al omului numai în cazul în care este definită prin simpla enumerare a elementelor ei.

Menţionăm, de asemenea, că trecerea de la P la P_1 (cînd legile ambelor mulţimi sînt cunoscute) implică o activitate umană (codificare). În mod analof, decodificarea, adică trecerea de la p_1 la p, necesită şi ea o activitate a omului.

Mai departe, Ashby încearcă să rezolve problema timpului prin *impunerea unor restricţii problemelor pe care le rezolvă.*

1. Orice relaţie dintre componentele colecţiei (care nu sînt independente) micşorează domeniul căutărilor. „În general, orice lege — parlamentară, naturală sau algebrică — este o restricţie şi îngustează gama de variaţii, deci şi timpul de căutare" — scrie Ashby [44]. Aici trebuie să remarcăm iarăşi că cel care descoperă relaţiile necesare, guvernate de legi, este omul.

2. *Restricţia de continuitate.* Dacă $y=f(z)$, atunci, dat fiind că valori apropiate ale lui z determină valori apropiate ale lui y, înseamnă că valoarea lui y poate fi studiată foarte bine prin selecţii ale posibilităţilor existente pentru z, adică nu trebuie să cercetăm separat valorile lui y. Cu alte cuvinte, continuitatea funcţiei impune restricţii gamei de posibilităţi în care trebuie să căutăm soluţia (căutarea maximului etc.).

Desigur, în realitatea obiectivă, procesele continue, adică cele descrise de funcţii continue, sînt foarte răspîndite şi joacă un rol deosebit de important.

Însă rolul funcţiilor care nu sînt continue nu este chiar atît de mic. Este incontestabil că, în ultima jumătate de secol, acest rol a crescut în cercetarea naturii. Iar dacă, după cum susţine Ashby, ele sînt inaccesibile unui creier mecanic şi, în schimb, la fel ca jocul de şah, ele îi sînt accesibile unui om al cărui creier funcţionează normal, nici aceasta nu atestă cîtuşi de puţin că „facultăţile intelectuale ale creierului mecanic" ar fi superioare facultăţilor constructorului său.

[44] *Loc. cit.*, p. 297.

3. *Restricţia datorită cunoştinţelor din trecut.* Dacă stările admisibile — scrie Ashby — sînt repartizate perfect haotic, adică fără ca să putem desprinde din ele o lege, avem a face cu o problemă despre care nu ştim nimic, absolut nimic. Astăzi, după două sute de ani de cercetări ştiinţifice, aceste probleme sînt rare" [45]. Aşadar, şi aici este nevoie de cunoştinţele omului.

Ashby încheie studiul problemei duratei soluţionării prin următoarea concluzie: „Timpul care va fi consumat efectiv pentru o anumită problemă poate fi evaluat abia după cercetarea problemei şi a posibilităţilor existente" [46]. Însă această cercetare are şi ea nevoie de activitatea omului.

Aşadar, în fond, peste tot este vorba despre crearea unor maşini prin utilizarea cărora omul îşi măreşte posibilităţile. După cum microscopul îngăduie ochiului să pătrundă în domenii înainte inaccesibile, tot astfel, maşinile de calcul, maşinile logice etc. vor permite raţiunii umane să rezolve probleme pe care nu le putea soluţiona anterior. Este un nonsens să punem întrebarea: cine vede mai bine: microscopul sau omul? Putem doar să spunem că omul înarmat cu microscop vede mai bine (microobiectele) decît fără microscop. Tot astfel, nu are sens să spunem că maşina posedă facultăţi intelectuale mai mari decît omul. Însă utilizînd o maşină, omul este capabil să rezolve probleme pe care nu le putea rezolva fără ea, sau pentru rezolvarea cărora ar fi avut nevoie de mai mult timp şi de mai multe eforturi.

În problema de care ne ocupăm, aceea a relaţiilor dintre soluţionarea problemelor de către maşini şi de către gîndire, trebuie să distingem net două aspecte.

Primul este aspectul *filozofic*, tratat mai sus. Maşina nu gîndeşte. Ea nu este subiect, deşi este un sistem reflectoriu ale cărui particularităţi urmează a fi studiate. Concluzia că maşina nu este subiect, că nu gîndeşte şi nu este capabilă să dobîndească aceste calităţi, se obţine pe baza analizei condiţiilor de apariţie a subiectului în procesul dezvoltării biologice şi social-istorice.

[45] *Loc. cit.*, p. 300.
[46] *Loc. cit.*, p. 304.

Al doilea aspect este cel propriu-zis *cibernetic*. Din răspunsul negativ la întrebarea „gîndesc oare maşinile, sînt oare raţionale?", nu avem voie să formulăm direct concluzii despre rezolubilitatea sau irezolubilitatea diverselor probleme de transformare a informaţiei pentru diferitele sisteme cibernetice tehnice. Tot astfel, nu avem voie să formulăm, din această premisă, concluzii similare referitoare la posibilitatea modelării diverselor procese care au loc în creierul omului. Cibernetica are dreptul la confruntarea — dintr-un anumit punct de vedere — a creierului, pe de o parte, şi a automatelor tehnice, pe de alta. Ambele sînt sisteme care prelucrează informaţie. Potrivit obiectului ei, cibernetica nu este numai îndreptăţită, ci şi obligată să cerceteze ce clase de probleme sînt soluţionabile pentru cutare sau cutare sistem, în funcţie de structura acestuia.

După cum se ştie, structura, forma este, între anumite limite, independentă de substrat, de conţinut. Cibernetica, cercetînd ce clase de probleme sînt accesibile soluţionării de către sistemele cu diverse structuri, nu se interesează totodată de substratul care realizează această structură. În realitate însă, autonomia structurii faţă de substrat, a formei faţă de conţinut nu este absolută, ci *relativă*. De exemplu, dacă o anumită sarcină de comandă şi control sau de modelare a unui proces care se realizează în creier, sau rezolvarea unei probleme determinate cer ca elementele să fie fără inerţie, aceste sarcini nu pot fi aduse la îndeplinire de un sistem cu relee electromecanice. Multe dintre lucrurile accesibile radioelectronicii sînt inaccesibile sistemelor electromecanice şi, cu atît mai mult, celor mecanice. Acest punct de vedere trebuie aplicat şi în trecerea de la sistemele nevii la cele biologice. Calităţile speciale ale corpurilor proteinice le permit să realizeze structuri pe care substraturile anorganice nu le pot realiza. Prin urmare, în principiu, sistemele formate din elemente biologice trebuie să conţină noi posibilităţi de prelucrare a informaţiei în comparaţie cu cele de care dispun sistemele tehnice.

Aceasta însă nu ne îngăduie nicidecum să susţinem *a priori* imposibilitatea de a rezolva diversele probleme de prelucrare a informaţiei de către sistemele cibernetice tehnice. Menţionăm că multe dintre aceste limite impuse *a priori* tehnicii au fost de pe acum desfiinţate prin dezvoltarea tehnicii, cel puţin pe plan teoretic. Astfel, în încheierea cărţii sale, *Cibernetica*, savantul francez Paul Cossa dă o enumerare intitulată „Ce nu este în stare

maşina să reproducă". Iat-o: 1) maşina nu poate depăşi cadrul predeterminat pentru ea; 2) maşina nu poate învăţa; 3) maşina nu poate realiza o funcţiune critică; 4) maşina nu poate trece de la concret la abstract; 5) maşina nu poate inventa.

Să analizăm mai amănunţit aceste „limite".

1. Dacă vom concepe imposibilitatea de a depăşi cadrul predeterminat, în sensul determinismului proceselor din maşină, este clar că principiul cauzalităţii nu este încălcat nici în maşină, nici în organism. Contrar afirmaţiilor lui Cossa, voinţa omului nu este liberă. Omul acţionează în interesul atingerii unui scop anumit.

Varianta optimă pentru realizarea scopului este independentă de voinţa omului; el învaţă să o găsească sau se apropie de ea, pe baza activităţii sale practice. Însuşi scopul este determinat, şi el, în ultimă instanţă, de nevoile omului.

Cossa însă înţelege prin această predeterminare şi faptul că maşina funcţionează după program, adică nu posedă o alegere „liberă". Bineînţeles, un sistem cibernetic funcţionează pe baza unui program anumit, a unor algoritmi anumiţi. Însă cibernetica actuală cunoaşte sisteme tehnice cu autoacordare. După cum am arătat mai sus, ele nu gîndesc şi nu-şi fixează singure scopul. Proiectantul şi chiar programatorul nu cunosc dinainte „modul de acţiune" al maşinii. Pe baza scopului care i-a fost propus şi al criteriilor introduse în ea, maşina găseşte singură varianta optimă pentru atingerea scopului, regimurile optime etc. Prin urmare, acţiunile ei nu sînt de loc „predeterminate" univoc prin voinţa constructorului.

2. Afirmaţia că maşina este incapabilă să înveţe, să se instruiască, este cît se poate de relativă. Observaţia lui Cossa — „dacă motorul automobilului meu «lucrează mai coordonat» după ce am parcurs 5 000 km, decît atunci cînd a ieşit din uzină, voi spune oare că el posedă facultatea de a învăţa?" — nu are legătură cu chestiunea noastră. O maşină cu elemente aleatorii şi capabilă să le îmbine în moduri variate, poate oferi variante diferite ale răspunsului la diverşi excitanţi, ea poate fi „stimulată" sau ea este în stare „să aprecieze", după criterii determinate, propriile ei răspunsuri. Maşina este capabilă „să urmărească", „să observe" acţiunile metalurgistului în faţa furnalului, să le preia etc., adică anumite laturi ale procesului de învăţare, de dobîndire a experienţei sînt, incontestabil, modelate de sistemele tehnice.

3. Maşina nu poate realiza o funcţiune critică ; este adevărat în sensul că, în ultimă instanţă, diversele criterii provin de la om (deşi maşina poate juca, şi ea, un anumit rol în elaborarea criteriilor). Este însă fals că maşina va „lucra" în orice împrejurări la rezolvarea unei probleme absurde. Ea va lucra la aceasta pînă cînd, în conformitate cu criteriile introduse în ea, va ieşi la iveală că problema este absurdă. Dar şi omenirea a muncit veacuri de-a rîndul la crearea unui *perpetuum mobile*, pînă cînd s-a stabilit „absurditatea" acestei probleme. Subliniem, din nou, că nu vrem să susţinem inexistenţa deosebirilor între realizarea „funcţiunii critice" de către om şi de către maşină, dar, judecînd după remarca lui Cossa, el nu descoperă nici o deosebire reală.

4. Teza că maşina nu poate trece de la concret la abstract trebuie înţeleasă, potrivit contextului lui Cossa, în sensul că „ea nu ar putea trece de la particular la general". Falsitatea acestei teze a fost demonstrată atunci cînd am analizat articolul lui McKay.

5. Teza „maşina nu poate inventa" este concretizată de Cossa în afirmaţia că maşinile sînt lipsite de darul înţelegerii intuitive. Deocamdată, fiziologia şi psihologia posedă foarte puţine date despre mecanismul aşa-numitelor divinaţii şi soluţii intuitive. Şi, firește, tehnica nu este în stare să modeleze un proces ale cărui legi nu au fost cercetate pînă la capăt. Însă tocmai, în dezvăluirea acestor mecanisme, modelarea cibernetică, verificarea ipotezelor elaborate matematic sînt menite, fără îndoială, să joace un rol deosebit de însemnat. Perceptronul lui Rosenblatt, în care celulele memoratoare sînt conectate aleatoriu şi în care sînt excitate simultan multe elemente, va juca eventual un rol de seamă în rezolvarea acestor probleme.

In analiza critică a cărţii lui Cossa, P. K. Anohin încearcă şi el, în fond, să enunţe problemele de prelucrare a informaţiei, pe care sistemele tehnice nu le pot rezolva. Dar, încheind analiza acestei probleme, el este nevoit să spună că, *în prezent*, nu se cunosc maşini care pot modela cutare sau cutare procese sau funcţiuni fiziologice.

In adevăr, tehnica nu a rezolvat încă pînă acum o serie de importante sarcini care stau în faţa ei. Dar aici este vorba despre perspective, despre posibilităţi. Afirmînd că încercările făcute, pînă acum, de a determina posibilităţile maşinii au suferit în esenţă, o înfrîngere, nu tragem concluzia că cercetarea posibilităţilor transformării informaţiei în sistemele de diverse structuri (deci şi, în ultimă instanţă, cu diverse substraturi) ar fi o pierdere de timp. Susţinem doar că această problemă nu poate fi soluţionată *a priori* sau, mai exact, că pentru rezolvarea ei nu este suficient să ştim numai că maşina nu gîndeşte. Teoria şi, cu atît mai mult, practica proiectării, a construirii şi a funcţionării sistemelor tehnice cu autoacordare este abia în faza de constituire. De asemenea, mai sînt multe taine ale activităţii nervoase superioare pe care fiziologia nu le-a descoperit încă. Numai prin eforturile comune ale ciberneticii, ale tehnicii şi ale fiziologiei, pe baza experienţei funcţionării sistemelor cu autoacordare, pătrunzînd (inclusiv prin metode cibernetice) mecanismele creierului, vom putea stabili ce proprietăţi şi funcţiuni ale creierului în domeniul prelucrării informaţiei îi sînt inerente numai lui şi care îi sînt comune lui şi altor sisteme cibernetice. Acest mod de a pune problema stimulează cercetarea concretă, fără care rezolvarea celor mai importante probleme teoretice ale ciberneticii este imposibilă.

* * *

Apreciind în ansamblu importanţa ciberneticii, trebuie să spunem că, indiferent de concepţiile filozofice greşite ale întemeietorilor ei, indiferent de faptul că adesea este speculată de tot soiul de şarlatani şi de mistici, cibernetica, în calitatea ei de orientare nouă a gîndirii ştiinţifice, are un important conţinut obiectiv şi mari perspective, iar rolul ei, fără îndoială, va creşte. Socotim că este cazul să amintim aici cuvintele scrise de Marx în legătură cu istoria calculului diferenţial :

„Aşadar, înşişi (creatorii săi. — *N. A.*) credeau în caracterul mistic al calculului nou descoperit, care dădea rezultate... corecte... Prin urmare, ei se mistificau singuri şi apreciau cu atît mai mult noua descoperire, cu cît se înfuria mai rău gloata de vechi matematicieni ortodocşi, suscitînd astfel un strigăt de duşmănie, care a răsunat chiar în lumea oamenilor incompetenţi în matematică, şi care a fost necesar pentru a crea drum noului" [47].

[47] *Manuscrisele matematice ale lui K. Marx*, în „Marksism i estestvoznanie", Partizdat, M., 1933, p. 54.

Întemeietorii ciberneticii, cel puţin mulţi dintre ei, atribuie şi ei proprietăţi mistice descoperirilor lor. În afară de aceasta, se aude strigătul duşmănos al „ortodocşilor", care nu vor să aplice metodele de investigaţie cibernetice în lingvistică, în fiziologie, în psihologie, în economie etc. Discuţiile în jurul ciberneticii îi interesează nu numai pe specialişti, ci şi opinia publică ştiinţifică. Sarcina noastră constă, pe de o parte, în a elimina mistificările mecaniciste, iar pe de altă parte, în a nu ajunge prizonieri ai „ortodocşilor", în a dezvolta şi a aplica realizările efective ale ciberneticii.

Despre problemele filozofice şi sociale ale ciberneticii

E. KOLMAN
doctor în ştiinţe filozofice

Cînd apare o nouă disciplină ştiinţifică sau un nou curent ştiinţific, şi cu atît mai mult cînd apare o ştiinţă nouă, istoria ne arată că aceasta se loveşte, de obicei, de două tendinţe: una conservatoare, care se opune din răsputeri constituirii ei, şi una care, dimpotrivă, îi exagerează importanţa. Tot ce e nou trebuie să-şi croiască drum, şi cu cît noul este mai neobişnuit, cu atît este mai mare rezistenţa pe care o întîmpină. Totodată, este absolut firesc ca susţinătorii noului să se pasioneze şi să încline, cîteodată, spre exagerări.

Constatăm aceste două tendinţe şi la apariţia noii ştiinţe care este cibernetica. Aici ele au o nuanţare deosebit de pregnantă, date fiind condiţiile sociale în care a apărut cibernetica: al doilea război mondial, imperialismul american, ideologia în care cibernetica este ambalată în Occident. La început, se putea observa numai una dintre tendinţe, şi anume afirmarea partizanilor ciberneticii (adesea, pur şi simplu, ziarişti), care voiau să facă din ea capital pentru ideologia imperialismului, pentru idealism, pentru metafizică etc.

În ţările capitaliste, s-au manifestat ca adversari ai ciberneticii, în primul rînd, reprezentanţii bisericii catolice, cărora li s-au alăturat şi cîţiva teologi protestanţi. Curentul anticibernetic a calificat cibernetica drept o ştiinţă profanatoare, care se opune predestinării divine a omului. Din această tabără fac parte şi moştenitorii direcţi ai hitleriştilor din Germania occidentală, care, în ziarul „Deutsche Soldatenzeitung" au declarat că cibernetica este „o născocire iudeo-bolşevică". În acest caz, ei parazitau pe atitudinea negativă a oamenilor muncii faţă de automatizarea muncii fizice şi a celei intelectuale în condiţiile capitalismului, deoarece ea are aici consecinţe grave. Dorinţa de a poza în apărători ai intereselor celor ce muncesc i-a determinat pe aceşti domni cu cruce şi zvastică să dezlănţuie

o campanie contra ciberneticii. De altfel, dîndu-şi curînd seama că realizările ciberneticii sînt prea evidente, teologii şi-au schimbat orientarea. Acum ei susţin că cibernetica ar confirma... primatul şi hegemonia principiului spiritual faţă de cel material.

Este de la sine înţeles că trebuie să combatem orice variantă a idealismului, a metafizicii, precum şi orice concepţii antipopulare, antimuncitoreşti şi militariste care parazitează pe cibernetică, indiferent dacă ele o recunosc sau o resping. Fireşte, însă, că toate aceste concepţii nu dezvăluie esenţa ciberneticii ca ştiinţă. Din nefericire, mulţi dintre cei care au luat poziţie împotriva ciberneticii, spunînd că este „o mistificare totală", nu au avut o idee destul de clară despre ea. Recidive ale acestei „respingeri *de plano*" se observă şi pînă astăzi. După cum a remarcat, pe bună dreptate, acad. A. N. Nesmeianov, această tratare este dăunătoare pentru ştiinţa şi pentru tehnica noastră. Mai putem adăuga că această tratare discreditează şi filozofia noastră.

Nu avem voie să închidem ochii asupra faptului că, pînă şi în prezent, întîlnim cazuri de opoziţie faţă de introducerea ciberneticii, faţă de răspîndirea ei. Ce e drept, în ultimul timp, cibernetica nu mai este calificată ca o „pseudoştiinţă", cum se întîmpla în urmă cu cîţiva ani. Acum este recunoscut că cibernetica a înregistrat realizări considerabile în domeniul pur tehnic şi se face încercarea de a limita la atît sfera ei de aplicabilitate. Conform acestei interpretări, reiese că cibernetica este doar o nouă denumire a automaticii. Dar dacă cibernetica s-ar ocupa numai de maşini automate, ea nu ar fi o nouă ştiinţă. Cibernetica se ocupă de stabilirea unor legi cărora nu li se supun numai automatele construite de om, ci care sînt comune acestor automate şi organismelor vii. Sînt legile proceselor de comunicare, comandă şi control. A nega existenţa unor astfel de legi comune înseamnă a tăgădui faptele. Aceste legi sînt pur cantitative şi structurale. Ele nu se referă la calitatea proceselor, dar aceste legi există şi au o uriaşă importanţă teoretică şi practică.

Nu vine oare în contradicţie cu dialectica materialistă afirmaţia că există legi comune unor forme atît de diferite ale mişcării materiei? Nu înseamnă oare recunoaşterea unor astfel de legi şi, în plus, a admisibilităţii unei ştiinţe speciale care să le studieze, o manifestare de simplism, de mecanicism, o încercare de „a reduce" formele de mişcare superioare la cele inferioare? Bineînţeles că nu! Oare nu există geometria, care studiază formele spaţiale atît ale formaţiunilor cosmice cît şi ale

organismelor, oare aritmetica nu se ocupă de relaţiile cantitative, indiferent dacă este vorba despre atom sau despre dinamica preţurilor, oare statistica nu cercetează atît rebutul din producţie, cît şi răspîndirea epidemiilor, oare teoria oscilaţiilor nu se ocupă şi de cutremurele de pămînt şi de encefalograme etc.?

În sfîrşit, materialismul dialectic studiază legile cele mai generale, comune naturii vii şi celei nevii, societăţii umane şi gîndirii, şi aceasta nu determină cîtuşi de puţin o „reducere" a unor legi la altele. Fără îndoială, ni se arată uneori că, la timpul său, Bogdanov, care încercase să creeze o „ştiinţă universală a organizării" sau „tectologia", şi Buharin, care încercase să creeze „praxeologia", au ajuns „să reducă" în mod antiştiinţific, mecanicist, legile sociale la legi fizice, mecanice. Este adevărat. Dar dacă tragem de aici concluzia că nu poate fi creată o ştiinţă care să studieze diversele legi comune unor forme de mişcare a materiei care se situează la niveluri diferite, va trebui, cu atît mai mult, să renunţăm la filozofia ştiinţifică, deoarece, după cum se ştie, în decursul mileniilor s-au făcut numeroase încercări neizbutite de a o crea.

Maşina şi creierul sînt formaţiuni materiale. Ele există independent de faptul că omul le percepe. Materia este infinit de variată şi, totodată, unică. Formele superioare ale mişcării ei le înglobează pe cele inferioare. Datorită acestui fapt, procese de cele mai diverse naturi pot fi descrise de aceleaşi ecuaţii diferenţiale. De aceea, unele procese pot fi modelate cu ajutorul altora, calitativ deosebite de ele. Acest lucru a fost relevat de V. I. Lenin încă în 1908, cu referire la fizicianul materialist Boltzmann. Mai mult, în lucrarea sa, *Materialism şi empiriocriticism*, V. I. Lenin scria că, la fundamentul însuşi al materiei, putem presupune existenţa unei proprietăţi înrudite cu senzaţia. Dar „înrudită" nu înseamnă „identică".

Ştiinţa a demonstrat că psihicul nu este inerent întregii materii, ci este exclusiv o funcţiune a creierului. De aceea, toate variantele panpsihismului sînt lipsite de orice fundament, ca şi încercările mecaniciştilor de „a reduce" funcţiunile creierului la funcţionarea unei maşini complicate. Totodată, filozofii care au negat integral posibilitatea unei analogii între funcţionarea unui dispozitiv cibernetic şi funcţiunile creierului au comis o eroare grosolană.

Trebuie să ţinem totdeauna minte că atunci cînd este vorba despre legi comune maşinilor automate, sistemului nervos etc., avem în vedere exclusiv legi cantitative şi structurale, şi anume

într-un domeniu determinat: comunicarea, comanda, controlul. Aşadar, nu se susţine că maşina şi creierul ar fi de aceeaşi natură calitativă, că funcţionarea lor s-ar baza pe aceleaşi legi calitative, că ar fi deci posibilă o „reducere" reciprocă a legilor electrodinamice, care guvernează acţiunile unei maşini, şi a legilor biochimice şi fiziologice, care guvernează activitatea creierului. Cu atît mai puţin se susţine că maşina şi creierul nu s-ar supune, în afară de aceste legi cantitative, care le sînt comune, şi altor legi speciale, proprii, atît calitative, cît şi cantitative. Însuşi N. Wiener avertizează în repetate rînduri, în cartea sa *Cibernetica şi societatea*, împotriva încercărilor de „reducere", deşi, la fel cu mulţi savanţi burghezi, el le dă adesea prilej din cauza confuziilor pe care le face în domeniul problemelor gnoseologice.

Aşadar, nu este vorba să luptăm împotriva legilor comune, existente în mod real, ci să combatem exagerările. Una sînt pretenţiile cîtorva cibernetícieni occidentali de a crea un fel de „filozofie cibernetică", şi altceva este dezvoltarea ciberneticii, apărută dintr-o nevoie obiectivă a societăţii.

În controversele purtate în jurul ciberneticii, s-au manifestat ca adversari ai ei şi unii ingineri, tehnicieni şi matematicieni, care lucrează cu succes pe plan practic şi teoretic în domeniul dispozitivelor automate. Ei au declarat că cibernetica nu are drept de existenţă ca ştiinţă autonomă, că teoria automatelor este suficientă aici. Anumiţi specialişti, cu profil îngust, din domenii ca biologie, fiziologie, psihologie, lingvistică, nu au văzut, nici ei, cu ochi buni, această — după opinia lor — „mezalianţă" cu ştiinţe ca matematica şi diverse discipline tehnice. În plus, aici s-a manifestat subconştient, pare-se, şi un anumit simţămînt de înjosire: cum este posibil ca o maşină, o îngrămădire de material fără viaţă, să realizeze din senin procese de gîndire, proprii numai omului?! Starea de spirit a tuturor acestora poate fi explicată printr-o anumită mărginire, de care suferă uneori chiar cei mai mari specialişti în diverse domenii ştiinţifice. A jucat un rol destul de important şi faptul că, la timpul său, ei au fost „intimidaţi" de unii dintre filozofii noştri, care declaraseră că cibernetica ar fi reacţionară.

Menţionăm că, în octombrie 1956, la Consfătuirea de automatică a Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., acad. A. N. Kolmogorov şi-a exprimat atitudinea negativă faţă de cibernetică, după care în aprilie 1957, la o şedinţă a Societăţii de matematică din Moscova, a ţinut un referat despre cibernetică, în care a declarat

că luase anterior poziţie împotriva ei, pentru că nu o cunoştea suficient. Acum, după ce s-a familiarizat mai bine cu această ştiinţă, el a recunoscut categoric că vechea sa atitudine fusese greşită. Academicianul A. N. Kolmogorov a scris articolul *„Cibernetica"* pentru volumul suplimentar, al 51-lea, din *Marea Enciclopedie Sovietică*.

Unii dintre filozofii sovietici au ridicat împotriva ciberneticii, în afară de argumentul pe care l-am mai analizat (orice ştiinţă trebuie să aibă ca obiect numai un singur domeniu al mişcării materiei), şi argumentul că ar fi inadmisibil să efectuăm vreo analogie între maşină şi organism. Dar, vai, sîntem nevoiţi să facem aceste analogii, indiferent dacă recunoaştem sau nu cibernetica. Procedăm astfel în viaţa de toate zilele, cînd spunem că, de exemplu, maşina de cusut „lucrează". În realitate, ştim că ea nu „lucrează" nicidecum în sensul în care lucrează lenjereasa sau croitorul. Pe plan istoric s-a întîmplat că, o dată cu crearea maşinilor, şi chiar înainte, o dată cu invenţia uneltelor de muncă simple, oamenii au extins noţiunile de „lucru", „forţă", „efort", „rezistenţă" etc. de la om la maşină. Fără aceste antropomorfisme nu ar fi apărut nici ştiinţa. Ne-am obişnuit cu ele. Atunci însă cînd spunem că maşina „a memorat", că „maşina efectuează un proces mental", este ceva care sună neobişnuit, deoarece, pînă de curînd, maşinile erau mai ales „prelungiri" ale mîinilor noastre, şi nu „organe ale creierului nostru", cum a denumit Marx, încă în urmă cu 100 de ani, maşinile tehnicii cibernetice contemporane, care erau pe atunci o chestiune de viitor[1].

Evident, şi într-un caz şi în celălalt, este vorba doar despre o comparaţie, o analogie, o metaforă. Nu afirmăm că maşina ar îndeplini funcţiunea ei cu ajutorul acelorași procese ca şi muşchii omului. De asemenea, nu afirmăm că maşina (să zicem o calculatoare electronică sau o maşină de tradus etc.) ar rezolva probleme intelectuale, prin intermediul acelorași procese care se produc în creier, deşi ea ajunge la aceleaşi rezultate. Pentru a nu da ocazia unei interpretări greşite a acestei din urmă afirmaţii, voi menţiona că, în ambele cazuri, asemănarea dintre maşină şi om nu constă numai în rezultate, ci şi în unele scheme structurale: bunăoară, o maşină de cusut imită mişcările mîinii, iar o maşină de calcul imită schemele logice ale inferenţei. Pe de altă parte, numai omul poate simţi oboseala de pe urma

[1] Cf. *Din manuscrisele inedite ale lui K. Marx*, „Bolşevik", nr. 11—12, 1939, p. 63.

cusutului, sau bucuria pricinuită de rezolvarea unei probleme. Nu mai este cazul să arătăm că maşina electronică este construită din elemente rigide, pe cînd creierul este format din celule coloidale vii şi, de aceea, oricît ar fi de complicată o maşină, ea lucrează altfel decît creierul. Toate acestea însă nu ne dau nici un temei pentru a neglija analogiile cantitative şi structurale pe care ele le prezintă într-un anumit domeniu al activităţii lor, anume acolo unde este vorba despre recepţionarea, păstrarea, prelucrarea şi furnizarea informaţiei, despre comunicare, comandă şi control.

Combătînd „analogiile metafizice, mecaniciste", unii filozofi nu şi-au dat seama că negarea oricăror analogii dintre maşină şi om este tocmai un model de rupere metafizică a celor două forme ale materiei unice: cea vie şi cea lipsită de viaţă. Dacă orice analogie, orice comunitate de legi ar fi, aici, efectiv inexistentă, atunci s-ar putea explica numai printr-o minune faptul că maşinile sînt în stare să calculeze, să traducă, să joace şah, să rezolve probleme de tactică militară, să planifice etc. Şi ce drept la existenţă ar avea atunci nu numai cibernetica, dar şi biomecanica, biofizica, biochimia? Nu este oare mai bine, în acest caz, să recunoaştem de la bun început entelehia şi întregul misticism al vitalismului?

Recunoscînd deosebirea radicală dintre maşină şi creier, care sînt forme calitativ diferite ale materiei, materialismul dialectic relevă totodată unitatea lor, comunitatea unora dintre legile funcţionării lor. Această comunitate nu este întîmplătoare, ea provine din felul cum a construit omul maşina, pe care a creat-o în vederea unor scopuri anumite.

Fără a intra în amănunte, vom menţiona ce caracterizează substratul material care face posibilă o analogie între funcţionarea unei calculatoare electronice rapide şi unele forme importante ale activităţii creierului uman. După cum celula nervoasă reacţionează conform legii „tot sau nimic", adică fie este total excitată, fie nu reacţionează de loc la impuls (situaţie căreia îi corespunde principiul terţului exclus din logică), tot astfel, un circuit electric poate fi ori stabilit, ori întrerupt — a treia posibilitate nu există.

Dintr-un punct de vedere mai general, fizic, maşina şi organismul viu seamănă pentru că sînt insule în oceanul entropiei crescînde în toate macroprocesele din partea de Univers în care ne situăm. Sînt insule în care entropia descreşte, deoarece se acumulează informaţie, deci dezvoltarea se desfăşoară aici, nu

în sensul unei nivelări a deosebirilor, nu spre un echilibru, ci, dimpotrivă, spre perturbarea acestuia, deoarece cantitatea de informaţie corespunde entropiei luate cu semnul schimbat. Organismul, care este o fluctuaţie locală şi temporară a procesului de creştere a entropiei, a elaborat de-a lungul evoluţiei sale multimilenare facultatea de a percepe şi de a prelucra, cu cheltuieli de energie infime, cantităţi imense de informaţie, precum şi facultatea de a conserva informaţia în volume extrem de mici. Creierul organismelor superioare primeşte informaţie nu numai despre mediul exterior, ci şi despre rezultatele reacţiilor propriului său organism la această informaţie. În reflexele necondiţionate şi în cele condiţionate, în procesul de gîndire, precum şi la transmiterea de către celula germinală a întregii rezerve de caractere specifice, elaborate în lupta pentru existenţă, informaţia se fixează sub forma unui mare număr de elemente separate, discrete, putînd lua fiecare doar un mic număr de valori. Orice transformări ale informaţiei, oricît ar fi de complexe, se descompun în paşi individualizaţi, cuprinzînd fiecare doar un mic număr de elemente.

Omul a pus la baza dispozitivelor automate de comandă, de reglaj, de calcul etc., care imită diversele funcţiuni ale organismului, un sistem similar de „înregistrare" a informaţiei, care asigură stabilitatea şi conservarea ei îndelungată. Tocmai de aceea, studiul funcţionării acestor dispozitive poate fi folosit, la rîndul său, pentru stabilirea legilor care guvernează organismele vii.

Unii filozofi, precum şi psihologi, fiziologi ş.a. au început să discute problemele legate de cibernetică în planul semanticii, adică din punctul de vedere al precizării noţiunilor. Fără îndoială, este important să precizăm, bunăoară, o noţiune atît de fundamentală cum este cea de „gîndire". Dacă am lua ca punct de plecare o definiţie cu o întemeiere profundă, am putea critica într-un mod mai convingător decît acum pe adepţii occidentali ai „filozofiei semantice", care susţin că soluţionarea problemei dacă maşina gîndeşte sau nu ar depinde în întregime de ceea ce vom conveni noi să desemnăm prin termenul „a gîndi". În orice caz, este clar că gîndirea este o formă superioară mediată, abstractă şi generalizată de reflectare a lumii exterioare prin activitatea reflexă a creierului, reflectare bazată, în ultimă instanţă, pe senzaţie. Această formă a reflectării, care este cea mai vastă şi mai profundă, este nemijlocit legată de limbaj, a apărut în procesul evoluţiei organice şi de muncă a omului şi

are un caracter social. De aceea, este cu totul neştiinţific să confundăm gîndirea nu numai cu activitatea „maşinilor gînditoare", ci şi cu elementele gîndirii intelectuale concrete, care se observă la animalele superioare.

Dar, oricît ar fi de importantă această problemă, ea nu este fundamentală. Mai mult, dacă îi acordăm o prea mare importanţă, alunecăm uşor spre scolastică, şi-i abatem pe cei ce lucrează în domeniul ciberneticii de la problemele fundamentale. În adevăr, unii filozofi pun problema esenţei gîndirii numai pentru a stabili o dată pentru totdeauna un anumit hotar fix pînă la care funcţiunile de gîndire pot fi transmise maşinii. Or, un astfel de hotar nu există.

Cît priveşte gîndirea deductivă, este demonstrat că unele probleme de matematică şi de logică nu pot fi formalizate, că pentru ele nu se poate întocmi un algoritm. Dintre acestea face parte şi problema cunoaşterii autoaplicabilităţii unei maşini logice, care prezintă o anumită analogie cu problema autocunoaşterii esenţei conştiinţei, a saltului calitativ care se produce la transformarea unei excitaţii exterioare în fapt de conştiinţă. (Menţionăm, între paranteze, că imposibilitatea principială a cunoaşterii autoaplicabilităţii, demonstrată în primul caz, nu poate servi nicidecum ca argument în favoarea agnosticismului, ci este, dimpotrivă, o remarcabilă victorie a geniului uman). Problemele de matematică şi de logică care nu pot fi formalizate nici chiar în cazul cînd pot fi rezolvate fiecare individual, nu trebuie transmise maşinii, deoarece aceasta rezolvă clase întregi de probleme. Este însă imposibil să stabilim o dată pentru totdeauna ce probleme nu se pretează la o formalizare, deoarece mulţimea tuturor problemelor posibile este nu numai infinită, ci se află şi într-un proces de continuă devenire, supus unei legi pe care nu o cunoaştem. Formularea unei astfel de legi este imposibilă, deoarece aceasta ar însemna să epuizăm sub toate aspectele infinitul printr-o formulă finită. Dar trebuie avut în vedere că printre problemele astăzi cunoscute, clasa celor care nu pot fi formalizate este constituită dintr-o minoritate neglijabilă. Aceasta este întrucîtva o excepţie.

Referitor la gîndirea inductivă, putem spune, deocamdată, că unele forme ale ei, importante în activitatea de investigaţie, pot fi şi ele formalizate. Cît priveşte forma cea mai înaltă a gîndirii logice, anume procesul de interpretare, după cît ne este cunoscut, problema posibilităţii sau a imposibilităţii formalizării lui este deocamdată nerezolvată. Ar fi prematur să enunţăm aici ceva

determinat. Oricum ar fi, nu putem să nu fim de acord cu Wiener, care este de părere că, după cum matematicienii trebuie să se ferească de afirmaţii în legătură cu existenţa unor posibilităţi prea mari ale maşinilor de a imita funcţiunile intelectuale ale omului, tot astfel psihologii trebuie să fie precauţi atunci cînd declară că o maşină nu va putea niciodată să îndeplinească o anumită sarcină intelectuală. Altfel spus, deşi nu putem indica o dată pentru totdeauna ce funcţiuni intelectuale pot fi sau nu formalizate, este incontestabil că toate funcţiunile formalizabile vor putea fi şi vor fi efectiv realizate, mai curînd sau mai tîrziu, de maşini. Deosebirea dintre maşină şi om în această problemă constă în altceva: maşina îndeplineşte totdeauna — direct sau mediat, şi este posibil ca în viitor lanţul mediaţiilor să fie foarte lung — scopurile pe care omul i le fixează maşinii.

Analogia dintre creier şi maşină este relativă, ca orice analogie. La fel cu unealta cea mai elementară, maşina cea mai complicată a fost creată de om din natura nevie. Creierul, dimpotrivă, este constituit din celule vii. Gîndirea, ca proprietate a creierului, este inseparabilă de sentimente, de voinţă, de întreaga bogăţie a vieţii psihice a omului, care s-a format în procesul dezvoltării sale sociale. Numai omul îşi propune ţeluri, nu însă şi animalul, şi cu atît mai puţin maşina. Activitatea orientată spre un scop precis a apărut şi s-a dezvoltat numai ca rezultat al muncii sociale. De aceea, maşina nu poate avea iniţiativă şi imaginaţie. Maşinile cu „autoînvăţare" create pînă acum, care „învaţă" din succesele şi din erorile lor, pot face acest lucru numai pentru că proiectantul le-a înzestrat cu proprietatea de a simplifica rezolvarea problemelor, de a elimina paşii superflui etc. O maşină cibernetică îndeplineşte întotdeauna doar acţiuni ajutătoare, în conformitate cu obiectivele pe care, în ultimă instanţă, şi le propune omul.

In sfîrşit, problema posibilităţii de a folosi cibernetica în ştiinţele sociale. In jurul acestei probleme s-au dezlănţuit cele mai aprinse controverse. A ocupa o poziţie negativă în această problemă înseamnă a tăgădui faptele. Maşini cibernetice, adică maşini diferite de cele energetice, maşini a căror trăsătură fundamentală nu constă în transmiterea şi în transformarea energiei, ci în transmiterea şi prelucrarea informaţiei, s-au construit şi se construiesc în U.R.S.S. în serie, în număr tot mai mare, pentru rezolvarea problemelor de planificare din interiorul uzinelor, ca şi a unor probleme de planificare la scară mai largă.

Aşadar, aceste maşini rezolvă probleme aparţinînd unei ştiinţe sociale, economiei. Oare, rezolvarea problemelor de strategie militară cu ajutorul dispozitivelor cibernetice nu înseamnă tot rezolvarea unor probleme dintr-o ştiinţă socială?

Desigur, găsim şi aici exagerări, care fac uneori ca o idee raţională să ajungă pînă la absurditate. În ziarul „Le Monde", care apare la Paris, călugărul dominican Pierre Dubarle a propus, cu toată seriozitatea, ideea unei „maşini de guvernat" (machine à gouverner), care în viitor va realiza singură puterea politică, nu numai în diversele ţări, ci şi în lumea întreagă. Ar fi însă o greşeală dacă, împreună cu astfel de divagaţii reacţionare, am respinge posibilitatea utilizării dispozitivelor cibernetice în cercetarea proceselor economice, precum şi în dirijarea unora dintre ele.

După cum se ştie, Marx considera posibilă folosirea matematicii superioare — a aşa-numitei analize periodografice — pentru punerea în evidenţă a legilor crizelor periodice din economia capitalistă [2]. Această problemă poate fi rezolvată pe deplin de dispozitive cibernetice. În presa noastră s-a mai anunţat că, în S.U.A., s-au efectuat cu ajutorul unor maşini de calcul investigaţii asupra stabilităţii economiei capitaliste. Rezultatele obţinute de maşină au arătat că această economie este instabilă, că ea nu poate evita crizele, indiferent de mijloacele de reglementare la care ar recurge guvernul: acte legislative, manipulări în domeniul impozitelor şi al investiţiilor, subvenţii sau contracte. Este vorba aici despre concluziile la care au ajuns specialiştii burghezi în economia politică, lucrînd cu mijloace cibernetice. După cum vedem, şi sub acest aspect, cibernetica nu este chiar atît de inutilă în ştiinţele sociale.

Există însă filozofi care declară: cibernetica a luat naştere în mediul pozitiviştilor, Wiener este un pozitivist (în realitate, este un eclectic idealist). De aceea, cibernetica trebuie combătută. Dacă vom recunoaşte această poziţie ca justificată, va trebui să renunţăm şi la teoria relativităţii, şi la mecanica cuantică, deoarece creatorii lor au fost şi sînt afectaţi de idealism. Ar trebui să renunţăm pînă şi la mecanica newtoniană, deoarece Newton nu a fost numai un metafizician, ci şi un mistic, care considera că opera vieţii sale nu constă în crearea „principiilor matematice ale filozofiei naturale", ci în interpretarea apocalipsului.

[2] Vezi K. Marx — F. Engels, *Opere*, vol. XXIV, p. 414 (ed. rusă).

Şi o dată ce veni vorba despre pozitivism, trebuie să spunem că acest curent subiectivist, care încearcă să se dea drept „pur ştiinţific" şi situat „deasupra" filozofiei, caută un punct de sprijin în noţiunea fundamentală a cibernetici, cea de informaţie. Cibernetica dă o definiţie precisă, matematică a noţiunii de *cantitate de informaţie*, aşa cum a fost introdusă de Shannon în 1948. Însă noţiunea de *informaţie* nu se defineşte. Aceasta le oferă pozitiviştilor pretextul să declare că „informaţia" ar fi ceva „neutru", care nu este nici material, nici psihic, într-un cuvînt ceva care seamănă ca două picături de apă cu faimoasele „elemente" ale lui Avenarius.

Or, noţiunea de informaţie poate fi definită cam astfel. Dacă avem o mulţime A de obiecte matematice $a_1\ a_2, \ldots, a_n$ căreia îi corespunde univoc mulţimea B de obiecte materiale $b_1\ b_2 \ldots t_n$, astfel încît fiecărui a să-i corespundă un b şi numai unul, asocierea aceasta fiind stabilită cu ajutorul aceluiaşi proces material c pentru toţi n, şi dacă structura R a mulţimii B este aceeaşi ca şi structura R a mulţimii A, atunci A se numeşte *transmiţător*, B *receptor*, a_n sînt *traductoarele*, iar b_n *semnalele*. Mulţimea B şi elementele b_n, considerate abstract, fără a ţine seama de natura lor materială, numai din punctul de vedere al felului cum reprezintă structura mulţimii A, şi interpretate totodată în noţiuni, se numesc *informaţie*. Aici *structura* R este concepută ca relaţie spaţio-temporală „între", cu trei parametri, care se defineşte axiomatic. Dacă p, q, s sînt trei elemente distincte ale unei anumite mulţimi, avem pentru R:

(1) $R(p, q, s) = R(s, q, p)$;
(2) $R(p, q, s) = R(p, s, q) = R(q, p, s)$
(3) pentru $p = q$ sau $q = s$, sau $p = q = s$ relaţia $R(p, q, s)$ nu are sens.

Din definiţia de mai sus a informaţiei reiese clar că noţiunea aceasta este tot atît de incapabilă să dea mărturie în favoarea unei identităţi a materiei cu conştiinţa, după cum nici numerele nu pot să ateste această identitate inexistentă, deşi ele sînt abstracţii şi reflecă totodată relaţii ale lucrurilor materiale. Faptul că informaţia nu este o simplă succesiune de sunete sau pete, ci şi interpretarea lor în noţiuni, dată în ultimă instanţă de un om care gîndeşte, nu este înţeles corect nici de mecanicişti, nici de pozitivişti, nici de spiritualişti, nici de cei care, în numele combaterii tuturor acestor denaturări, neagă sau minimalizează cibernetica.

Nici chiar cunoscutul matematician american Norbert Wiener, creatorul ciberneticii, nu înțelege corect această relație. La fel ca mulți intelectuali din țările capitaliste, lui Wiener îi lipsește singura abordare științifică în aprecierea fenomenelor sociale, adică abordarea *de clasă*. La Wiener întîlnim destul de mult spirit mic-burghez, el este destul de influențat de propaganda anticomunistă și antisovietică. Totodată însă, auzim și formulările sale categorice în favoarea utilizării pașnice a energiei atomice și a ciberneticii (Wiener a refuzat să ia parte la lucrările din domeniul înarmărilor atomice), împotriva rasismului și mccarthysmului, împotriva lui Cian Kai-și etc. Concepțiile gnoseologice ale lui Wiener sînt și ele extrem de eclectice, ele cuprind și teze sănătoase, spontan materialiste și teze iremediabil confuze, și teze care se învecinează cu misticismul.

Nici vorbă, este foarte ușor să identificăm o teorie din domeniul științelor naturii cu concluziile filozofice care se trag din ea, precum și cu vederile politice ale savanților care se ocupă de ea. În adevăr, aceasta ne oferă imediat posibilitatea ca, fără să ne dăm osteneala de a o studia (ceea ce necesită adesea o pregătire temeinică și o muncă considerabilă, mai ales cînd este vorba, de exemplu, despre domenii ca teoria chimică a rezonanței, cosmologia relativistă, teoria eredității prin gene sau logica matematică), să o respingem pur și simplu, înfierînd-o ca „idealistă", „metafizică", „agnostică", „reacționară". În general, este mult mai comod să lucrăm cu șabloane gata confecționate, însă acestea sînt bune pentru zugravi și nu folosesc de loc în științele naturii și în filozofie. Aici trebuie lucrat în alt fel. Fără să ne lăsăm atrași de exprimările idealiste, împodobite, după ultima modă burgheză, în haine multicolore și așa-zis științifice, trebuie să le combatem cu intransigență, în mod concret, probator. Să urmărim cu atenție lucrările valoroase pe care savanții burghezi le fac în domeniile de specialitate. Să ne însușim critic aceste lucrări, avînd grijă ca filozofia noastră să țină pasul cu cele mai noi realizări ale științelor naturii. Aceasta este tratarea pe care ne-a recomandat-o Lenin.

Nu prezintă nici un fel de dificultăți să alcătuim un florilegiu cu tot soiul de absurdități pe care diverși filozofi și publiciști burghezi, precum și cercetători ai naturii și tehnicieni din țările capitaliste le-au exprimat în legătură cu apariția ciberneticii. Astfel, este repetată în diferite variante ideea că ajunge doar să mărim de milioane de ori numărul de celule ale unei calculatoare electronice, pentru ca aceasta să nu mai poată fi deosebită de creier. Se scriu cercetări „profunde" consacrate posibilității de a rezolva problema — și anume, precizîndu-se chiar punctul de vedere, semantic sau behaviorist — „unde se termină mașina și unde începe organismul" etc. Iată o mică ilustrare.

În revista „Filozofia", publicată de Institutul regal de filozofie din Londra, F. G. George, doctor în filozofie, magistru de la Universitatea Bristol, scrie, în articolul *Putem face oare mașinile să gîndească?*: „Dacă voi spune cuiva: «Soția dumneavoastră este o mașină. Am aflat că ea a fost construită într-un atelier de pe Cheiul de sud», el îmi va răspunde: «Nu cred». Dar dacă îi voi obiecta: «Și este totuși o mașină, căci nu sînteți în stare să-mi indicați nimic ce poate face soția dumneavoastră și nu ar putea face (în principiu) o mașină», interlocutorul meu va rămîne cu o anumită îndoială chinuitoare, deoarece nu-i este ușor să imagineze ceva despre care să poată declara clar că a fost făcut sau putea fi făcut de soția sa, dar n-ar putea fi făcut de o mașină construită într-un atelier" [3]. Prin urmare, concluzionează „învățatul" nostru autor, problema hotarului dintre mașină și om este atît de vagă, încît orice discuție este aici inutilă.

Fără îndoială, acest fel de a trata problema este avantajos. El ne dă posibilitatea de a ne trata, „pe o bază științifică", soția ca pe un aspirator de praf, ca pe un frigider sau ca pe o altă unealtă casnică, ne permite, de asemenea, să clasificăm taburetele și paturile în rîndul „patrupezilor", alături de cîini și de pisici. Mai mult chiar, acest punct de vedere ne ajută să-i transformăm pe capitaliști în „producători", la fel cu muncitorii! În adevăr, totul nu depinde decît de felul în care vom conveni să tălmăcim cutare sau cutare noțiune, cutare sau cutare termen. Cel puțin așa susține „filozofia semantică" subiectivistă. Dar ar fi de-a dreptul absurd să încercăm a ne face o idee despre cibernetică după astfel de expuneri.

Fac o greșeală gravă cei ce confundă „cantitatea de informație" cu „informația cantitativă". Pentru cibernetică este indiferent dacă se transmite că $2\times2=4$ sau $2\times2=5$, sau dacă se transmite că „marea este albastră", sau că „gheața este fierbinte", dacă se transmite o cantitate sau o calitate, ceva adevărat sau ceva fals. Cibernetica nu se interesează de conținutul informației, de conținutul a ceea ce se transmite, după cum geometriei îi este indiferent dacă sfera despre care vorbim este de lemn sau de fier. Pentru cibernetică nu contează decît numărul

[3] Vezi „Philosophy" (London), vol. XXXI, nr. 118, July 1956, pp. 244—252.

de semnale care pot fi transmise fără distorsiuni în unitatea de timp, cum urmează să fie ales sistemul de semnale în așa fel încît în prezența perturbațiilor, a „zgomotelor", ele să ajungă la destinație cu distorsiuni cît mai mici etc.

În sfîrșit, unii filozofi au arătat că dispozitivele cibernetice funcționează după principiile logicii formale aristotelice, că ele sînt incapabile să reproducă legi dialectice și ar fi mărginite deci, chiar și din această singură cauză. Această argumentare confundă două chestiuni diferite. Intîi, nu orice logică nearistotelică este o logică dialectică. De exemplu, logica intuiționistă, în care principiul terțiului exclus este înlocuit printr-o altă lege, mai slabă, nu este decît o variantă nearistotelică a logicii formale și, după cum a arătat A. N. Kolmogorov, ea poate fi interpretată în logica aristotelică ca teorie a unor probleme și modelată deci în mașină. S-au construit și alte logici nearistotelice, dar formale, de exemplu o logică din care lipsește legea de asociativitate ; ea își găsește o aplicare în mecanica cuantică. Dar și aceasta poate fi încredințată unei mașini, în care scop trebuie să conectăm la dispozitivul electric un dispozitiv care nu permite realizarea asociativității. În același fel pot fi modelate și alte logici formale nearistotelice, construite la fel cu diversele geometrii neeuclidiene, nu în mod arbitrar, nu ca un simplu joc al minții, ci așa încît să aibă sau să poată căpăta o interpretare corespunzătoare realității.

Cît privește logica dialectică, aceasta se deosebește principial de toate variantele logicilor formale, prin faptul că este concretă. În logica dialectică, formalismul își pierde sensul, întrucît adevărul este în ea totdeauna concret, aici caracterul formal al adevărului este doar o condiție necesară, nu și suficientă. Altfel spus, logica dialectică se deosebește de logica formală nu prin faptul că ar avea alte legi ale inferenței, ci prin faptul că este o logică comprehensivă, a cărei sarcină constă în descoperirea laturilor opuse ale lucrurilor, ale fenomenelor, ale proceselor de transformare, de mișcare din lumea reală.

De aici nu rezultă însă că ar fi imposibil să scriem cu ajutorul unor simboluri legile generale ale logicii dialectice, anume legea conexiunii universale, legea trecerii schimbărilor cantitative în schimbări calitative etc. Să nu uităm că aceste legi se exprimă prin cuvinte, iar cuvintele sînt și ele simboluri. Și o dată ce aceste legi pot fi scrise prin simboluri, înseamnă că ele pot fi introduse într-o mașină și că se poate rezolva, de exemplu, problema legăturii dintre aceste legi, a subordonării lor, a deductibilității lor etc. Cu ajutorul simbolurilor putem scrie însă numai latura formală, nu și pe cea concretă, calitativă. De aceea, înainte de a rezolva problemele concrete care țin de gîndirea dialectică este necesar ca respectivul domeniu concret de cunoștințe să desprindă din calități — prin propriile sale metode specifice — latura structurală, formală, cantitativă, lucru care s-a întîmplat efectiv în dezvoltarea istorică a științei. În schimb, încercările de a obține aceasta numai pe baza legilor generale ale dialecticii, considerate ca anumite principii apriorice, conduc în mod inevitabil la o pseudodialectică speculativă, lipsită de conținut.

Ne putem da seama că mașina este în stare să rezolve probleme aparținînd gîndirii dialectice, din următorul exemplu. O mașină rezolvă ecuații diferențiale. Dar ce înseamnă a rezolva o ecuație diferențială ? Oare la rezolvarea ei plecăm numai de la logica formală ? Bineînțeles că nu. Nu ne putem lipsi aici de dialectică. Oricine trebuie să fie de acord cu Engels că matematica superioară este dialectică în cel mai înalt grad [4]. Așadar, ajungem la un paradox : pe de o parte, mașina rezolvă probleme din domeniul matematicii superioare, unde domină dialectica, iar pe de altă parte, se fac încercări de a ni se demonstra că mașina nu ar fi în stare să depășească limitele logicii formale.

Din cele de mai sus reiese clar că obiecțiile ridicate împotriva cibernetici sînt, toate, neîntemeiate. Desigur, cibernetica este încă tînără, ea are ceva mai mult de zece ani și, de aceea, nu-i putem cere o sistematizare desăvîrșită, riguroasă a noțiunilor, a părților ei componente etc. Cred că definiția cea mai succintă a cibernetici ar fi următoarea : cibernetica este știința care studiază sistemele de comandă și control. Dar această definiție trebuie considerată doar preliminară, la fel cu celelalte. În adevăr, chiar pentru o știință de o vîrstă venerabilă, cum este bunăoară fizica, definiția care spune că ea este știința legilor generale ale mișcării materiei, a structurii materiei etc., nu poate fi considerată decît preliminară. În fapt, toate definițiile de acest gen sînt extrem de evazive și nu ne dau posibilitatea să tragem o linie de demarcație între fizică și chimie etc. Singura cale justă constă în a studia fizica, și atunci va deveni limpede ce anume se încadrează în obiectul ei. Aceeași este și situația cibernetici. Este greu și va fi întotdeauna greu s-o delimităm precis

[4] Cf. F. Engels, *Dialectica naturii*, p. 186.

de celelalte științe. In general, nu se poate da o definiție definitivă vreunei științe, deoarece toate științele se dezvoltă.

Cibernetica este o știință matematică (analogă, de exemplu, mecanicii sau cristalografiei), deși nu este un capitol al matematicii, deoarece cuprinde și cunoștințe tehnice, fizice, fiziologice etc. Sub raport matematic, ea se bazează pe teoria informației, pe algebra booleană, pe teoria operațiunilor și pe teoria jocurilor. Dar aceste părți componente nu sînt încă suficient legate între ele, ceea ce este pe deplin firesc, dată fiind apariția destul de recentă a ciberneticii. Totuși, cibernetica are noțiuni centrale, clar conturate, cum sînt „informație", „cantitate de informație", „semnal", „comunicare", „control" „comandă", „conexiune inversă de ordinul întîi", „conexiune inversă de ordine superioare", „zgomote", „program", „cod", „cifrare", „descifrare", „memorie" etc. Putem întocmi o listă precisă a acestor noțiuni, împreună cu definițiile lor exacte.

Folosind matematica, cibernetica face abstracție de calități, consideră procesele materiale în mod formal, din punctul de vedere al cantității lor, înțelegînd însă „cantitatea" în accepția lărgită pe care i-o dă matematica modernă, adică incluzînd în ea și „structura". Deoarece cibernetica este o știință *formală*, legile ei se aplică în aceeași măsură mașinilor, organismelor vii și colectivităților de mașini și de organisme în interacțiunea lor. După cum, de exemplu, aceeași ecuație liniară poate descrie legile echilibrului mecanic, ale curentului electric sau ale unor fenomene economice, tot astfel cibernetica studiază, cu ajutorul noțiunii de cantitate de informație, legi cantitative similare ale unor fenomene diferite ca natură materială.

Este semnificativ că asemănarea dintre aceste fenomene se dezvăluie deosebit de pregnant atunci cînd avem a face cu perturbații, cu deranjamente ale mersului normal al proceselor: tremurul care însoțește unele maladii nervoase este analog cu trepidațiile unei mașini defecte. Toate acestea însă nu pot servi ca argument pentru a confunda mașina cu organismul. Mașina este o parte a tehnicii, o parte a mediului artificial pe care oamenii l-au situat între sine și natură, ea a fost, este și va fi întotdeauna un element *auxiliar*, oricare ar fi funcțiunile pe care le-ar îndeplini, deoarece le îndeplinește din însărcinarea omului.

Această din urmă teză nu trebuie înțeleasă însă simplist, restrictiv. Mașina poate fi astfel construită, încît o parte considerabilă din întocmirea programului după care ea urmează să funcționeze (de exemplu, să calculeze sau să traducă), să fie

efectuată tot de ea, deși și aici omul este cel care întocmește programul de întocmire a programelor. Apoi, mașina poate fi construită nu numai ca un automat care se supune doar unor legi dinamice, ci și așa încît ea să se adapteze singură la condițiile variabile ale mediului, supunîndu-se unor legi statistice (cum este, bunăoară, dispozitivul de ochire în artileria antiaeriană). Dar deși în viitor dispozitivele cibernetice vor îndeplini funcțiuni intelectuale tot mai multe și mai complicate, ele vor avea întotdeauna un rol secundar; rolul omului, care este cel ce întocmește programele și cel ce le proiectează, nu se va micșora, ci, dimpotrivă, va crește tot mai mult, deși intervenția lui nu va fi neapărat directă. Mașinile care învață singure, care-și organizează singure „memoria", care se programează singure și chiar mașinile care asamblează alte mașini, asemenea cu ele, nu vor reduce rolul omului, ci, dimpotrivă, îl vor mări considerabil, deoarece cu cît omul va fi în stare să transmită mașinii mai multe funcțiuni ale muncii intelectuale monotone și obositoare, cu atît va căpăta el mai multe posibilități să-și dezvolte propria sa muncă intelectuală.

Deși în U.R.S.S. primele dispozitive cibernetice au fost create cu oarecare întîrziere, timpul pierdut a fost repede recuperat. Cea mai bună dovadă a succeselor realizate o constituie lansarea sateliților artificiali sovietici și a rachetelor cosmice sovietice. Calculul zborului lor, comanda de la distanță a aparatajului lor ar fi imposibile fără rapide mașini electronice de calcul. Avîntul crescînd al cercetărilor din domeniul ciberneticii, atît teoretice cît și practice, este atestat și de faptul că, în aprilie 1959, Academia de Științe a U.R.S.S. a înființat Consiliul științific pentru cibernetică, din care fac parte matematicieni, fizicieni, chimiști, biologi, medici, economiști, filozofi, psihologi și lingviști.

Nu este cazul să ne ocupăm aici de aplicațiile tehnicii cibernetice în industrie, în transporturi, în calculele științifice, în economie etc., deoarece toate acestea sînt destul de bine cunoscute azi. Am vrea să subliniem însă importanța ciberneticii pentru biologie, fiziologie, psihologie și medicină. Este uimitor că unii specialiști din aceste domenii, în loc să salute posibilitățile care li se deschid de a folosi dispozitivele cibernetice la studiul proceselor de transmitere a eredității, la cercetarea funcționării organelor cu secreție internă, precum și a inimii, a rinichilor, a ficatului etc., ca și la înlocuirea acestor organe în caz de boală sau de intervenție chirurgicală, de asemenea la studiul sistemu-

lui nervos, al bolilor memoriei, al protezării etc., se tem de pătrunderea matematicii în domeniul lor.

Unele realizări ale ştiinţei sovietice pe acest tărîm — inima şi plămînii artificiali, rinichiul artificial — sînt prezentate în pavilionul „Ocrotirea sănătăţii publice şi al industriei de aparate medicale" din cadrul Expoziţiei realizărilor economiei naţionale a U.R.S.S. Merită o deosebită atenţie „mîna artificială", care lucrează cu ajutorul curenţilor de acţiune, creată de oamenii de ştiinţă sovietici şi prezentată la expoziţia din Bruxelles. Aceasta nu este o simplă proteză, ci şi un prototip al conducerii maşinilor viitorului, care nu vor avea nici pîrghii, nici cîrme şi nici măcar butoane de comandă. Ele vor fi conduse direct de voinţa omului prin transmiterea unor impulsuri electromagnetice corespunzătoare către organele efectoare ale maşinii, prin fir sau prin radio.

Merită multă atenţie şi extinderea ciberneticii la teoria jocurilor, la rezolvarea problemelor de tactică, de strategie. Aici se consideră jocuri, propriu-zise, precum şi procese în care soluţia depinde de mai mulţi factori; printre aceşti factori, unii sînt aleatori, cum ar fi controlul statistic al producţiei, controlul tehnic al proceselor de producţie, alegerea unui sistem de experimente într-o anumită problemă ştiinţifică concretă etc. În această privinţă putem cita cartea scrisă de matematicianul J. von Neumann şi de economistul O. Morgenstern, adept al teoriei vulgar-economice austriece a utilităţii maxime. În pofida metodologiei sociologice complet greşite, cartea conţine rezultate matematice extrem de valoroase, atît din punct de vedere teoretic, cît şi practic.

Un alt merit al ciberneticii este de a fi apropiat domenii ştiinţifice care erau pînă acum despărţite: matematica, fizica şi tehnologia de biologie, fiziologie, psihologie, lingvistică, economie. Pe viitor, aceasta va aduce, incontestabil, mult folos. Aşa a fost totdeauna în istoria ştiinţei: cînd domenii ştiinţifice izolate ajung să intre în contact şi cînd metodele sînt transferate dintr-un domeniu în altul (însă cu condiţia controlului obligatoriu exercitat de legile acestui al doilea domeniu), ambele părţi nu au decît de cîştigat.

Oricît s-ar împotrivi unii dintre biologii, psihologii şi reprezentanţii altor ştiinţe aplicării matematicii, fizicii, ciberneticii în domeniul lor, dezvoltarea istorică a ştiinţei nu va ţine seama de ei. Ieşirea omenirii în depărtările Universului creează un important stimulent pentru dezvoltarea ciberneticii, nu numai din

punctul de vedere al ghidajului rachetelor, ci şi pentru cercetarea şi asigurarea condiţiilor fiziologice şi psihologice ale zborului.

Noua eră tehnică în care a intrat omenirea nu este numai era energiei termonucleare, a motoarelor cu reacţie şi a materialelor artificiale. În primul rînd, aceasta este era maximei automatizări complexe a muncii fizice şi a celei intelectuale, era unei noi revoluţii tehnice, în care cibernetica joacă rolul conducător. Un tip calitativ nou de maşini, reprezentînd „organe ale creierului omului", face ca omul, în loc să deservească maşini (indiferent dacă este vorba despre acţionarea pîrghiei unei maşini-unelte sau a clapelor unui aritmometru), devine stăpînul automatului. Transformîndu-se, în virtutea necesităţii, din muncitor la banda rulantă în inginer de reglaj, din funcţionar de birou în proiectant, omul devine un muncitor creator, care gîndeşte în mod independent şi are un înalt nivel de conştiinţă socială şi de pregătire tehnică multilaterală. Aşa se înfăptuieşte eliberarea omului de „dezumanizare", prin mecanizarea muncii şi prin mecanizarea gîndirii, „autorealizarea" sa, pe care a prevăzut-o Marx.

Bineînţeles, într-o lume scindată în două lagăre, cu sisteme social-economice opuse, consecinţele tehnicii cibernetice vor fi diferite. În condiţiile modului de producţie capitalist, această mare revoluţie tehnică poate doar să înceapă, dar ea nu va putea fi dusă pînă la capăt. Chiar de la primele indicii ale unei automatizări mai mult sau mai puţin importante, şomajul creşte, în condiţiile capitalismului, în mod catastrofal, ceea ce determină nenumărate nenorociri pentru oamenii muncii, după cum se vede astăzi în S.U.A. Automatizarea subminează temeliile însesi ale sistemului capitalist, conduce la o scădere accentuată a puterii de cumpărare a maselor şi a posibilităţii desfacerii mărfurilor pe piaţa internă, măreşte rivalităţile de pe pieţele externe, intensifică primejdia de război. Nu trebuie să ne mire că în aceste condiţii încep să răsune pe alocuri glasuri împotriva automatelor, la fel cum pe timpul revoluţiei industriale din Anglia, luddiţii, „distrugătorii de maşini", muncitori insuficient de conştienţi, pe care foamea îi adusese la desperare, şi-au vărsat mînia nu numai asupra orînduirii sociale capitaliste, ci şi asupra maşinilor.

Faptul că în capitalism cele mai înalte realizări ale ştiinţei şi ale tehnicii, cum este energia atomică, care ar trebui să-i servească omului, sînt îndreptate împotriva lui îşi găseşte ecou în-

tr-un pesimism sumbru, în îndoielile referitoare la viitorul omenirii. Cîteodată se spune: „Încetul cu încetul omul se lasă în seama naturii neînsufleţite. Cu timpul, poate că natura nevie, însufleţită de noi, ne va arunca cît colo şi va începe să acţioneze singură. Va începe istoria maşinilor gînditoare". Firește, aceasta nu este decît un coşmar fantastic, lipsit de orice temei. Numai în basm, momîia de lut pe care vrăjitorul şi-a făcut-o ca să-i aducă apă, poate începe să se supună stăpînului ei, care a uitat formula magică.

Maşinile vor fi întotdeauna subordonate voinţei omului. Dar este adevărat totodată că, de-a lungul mileniilor, cînd o formaţiune socială bazată pe exploatare a cedat locul alteia, realizările ştiinţei şi ale tehnicii au fost folosite prea frecvent pentru exterminarea oamenilor, pentru distrugerea valorilor create de ei, şi abia în subsidiar pentru ţeluri constructive. Tot astfel, şi tehnica cibernetică este folosită de imperialişti pe scara cea mai largă pentru scopuri militare, ceea ce ne sileşte şi pe noi să ne dotăm cu această tehnică militară, care apără munca noastră paşnică.

În opoziţie cu capitalismul, în socialism tehnica cibernetică determină o considerabilă reducere generală a timpului de muncă, ridicarea generală accelerată a nivelului material şi cultural al oamenilor muncii, contribuie la desăvîrşirea lichidării deosebirilor dintre munca fizică şi cea intelectuală, apropiindu-ne de viitorul luminos al comunismului.

Totodată, tehnica cibernetică pune cu insistenţă în faţa societăţii socialiste o serie de probleme noi şi importante. Este vorba, în primul rînd, despre trecerea multor oameni la noi profesiuni, despre reinstruirea lor în masă.

În sfîrşit, o dată cu răspîndirea tehnicii cibernetice, se schimbă şi o noţiune atît de importantă cum este cea de muncă productivă. Avînd în vedere că prin răspîndirea automatizării se reduc considerabil şi continuu ziua şi săptămîna de muncă, că munca fizică, precum şi munca intelectuală mecanică obositoare (a calculatorului, a lucrătorului de evidenţă etc.) se restrîng la minimum, toţi membrii societăţii trebuie să înveţe o muncă productivă şi să participe la ea. Numai astfel vor putea deveni membri disciplinaţi şi conştienţi ai unui colectiv unitar, vor putea să se dezvolte armonios din toate punctele de vedere, vor putea face din munca fizică, din producţie un laborator practic al ştiinţei. Iată de ce Partidul Comunist, realizînd sarcina creării bazei tehnico-materiale a comunismului, sarcina automatizării

complexe, a efectuat reorganizarea întregului sistem de învăţămînt, care îmbină cultura generală cu învăţarea unei munci fizice.

Noul nivel al tehnicii, mai înalt, cere un nou nivel, mai înalt, de conştiinţă, presupune un om care nu va fi stimulat de impulsuri egoiste grosolane de a da cît mai puţin şi de a obţine cît mai mult pe seama altuia, ci un om pentru care noua tehnică va deschide drumul, nu spre inactivitate şi trîndăvie, ci spre dorinţa pasionată după noi cercetări ale naturii, după noi cuceriri istorice, după noi creaţii de frumuseţe. Aceasta este educaţia pe care trebuie s-o capete şi pe care o vor căpăta noile generaţii.

Omul s-a născut din munca orientată spre un scop, trezită la viaţă de nevoia materială nemijlocită a autoconservării sale. Acest gen de muncă a determinat dezvoltarea omului de-a lungul a sute de mii de ani. Dar aceasta nu a fost decît preistoria sa. Începînd cu victoria revoluţiei socialiste în U.R.S.S., au fost create condiţii sociale care au făcut posibilă începerea epocii în care dezvoltarea societăţii va înceta de a fi guvernată de nevoia nemijlocită, cînd munca va deveni o cerinţă organică a omului.

Despre posibilităţile ciberneticii în lumina proprietăţii de reflectare a materiei

B. S. UKRAINŢEV
candidat în ştiinţe filozofice

Succesele uimitoare obţinute în crearea calculatoarelor electronice moderne, a automatelor, a dispozitivelor modelatoare, care uşurează şi, în multe privinţe, înlocuiesc munca omului în domeniul conducerii proceselor de producţie, deschizînd noi perspective activităţii de cercetare ştiinţifică, nu sînt un simplu rezultat al progreselor din domeniul ştiinţelor naturii. Într-un anumit sens, ele reprezintă un salt calitativ de mare amploare în ştiinţă şi în tehnică. Acest salt a fost pregătit de dezvoltarea forţelor de producţie moderne şi el corespunde nevoilor actuale ale dezvoltării societăţii.

Din punct de vedere ştiinţific şi practic, acest salt îşi găseşte expresia în abordarea nouă a unor fenomene dinainte cunoscute, în sinteza şi generalizarea, într-o nouă perspectivă, a rezultatelor dezvoltării multor ştiinţe şi ramuri ale tehnicii, în concluziile referitoare la utilizarea principial diferită a unor ansamble şi elemente tehnice create anterior. Viaţa a arătat că a apărut o nouă ştiinţă, precum şi noi domenii ale practicii producţiei, legate de ea. Această ştiinţă a căpătat denumirea de cibernetică. Dacă această denumire corespunde sau nu obiectului noii ştiinţe este un lucru pe care urmează să-l arate viaţa. Dar nu este vorba despre denumire, ci despre conţinutul şi despre sarcinile noii ramuri a ştiinţei.

Obiectul ciberneticii este supus unor controverse care nu sînt lipsite de temei. În aceste controverse se exprimă puncte de vedere extreme. Este regretabil că, în pofida rezultatelor ei practice evidente, s-au găsit sceptici care să clasifice cibernetica în rîndul „ştiinţelor" şarlatanilor sau să o asemuiască cu „răţuşca cea urîtă" din basmul lui Andersen. Există şi exponenţi ai altor concepţii extremiste, care mistifică într-atît posibilităţile cibernetici, încît dispare abordarea ştiinţifică lucidă, iar imaginaţia

ştiinţifică creatoare se transformă în născocire fantastică, care dăunează, în loc să fie de folos.

Pentru a clarifica esenţa problemei, nu este nevoie să analizăm nici exagerările din prima categorie, nici pe cele din cea de-a doua. Dificultăţile se situează într-un alt plan. Pe de o parte, cibernetica foloseşte un material care constituie de mult obiectul aşa-numitelor ştiinţe exacte. Practic, ea foloseşte realizările tuturor ramurilor ştiinţelor naturii şi ale tehnicii. Cibernetica nu se ocupă de cercetarea unor legi obiective nou descoperite ale mişcării materiei şi nu este nici un capitol specializat al fizicii, al chimiei, al matematicii, al biologiei sau al vreunei alte ştiinţe, deşi se întemeiază pe toate aceste ştiinţe. Din acest punct de vedere, face impresia că cibernetica nu a adus nimic nou. Pe de altă parte, pe baza materialului dinainte cunoscut, ea face noi sinteze şi generalizări, îşi formulează principiile care nu decurgeau şi nu decurg logic din cercetările anterioare, într-un anumit sens negate unele de altele, din domeniile „clasice" ale studiului naturii. Dar aceste principii deschid vaste posibilităţi progresului ştiinţific şi tehnic, deoarece reflectă o anumită comunitate, o anumită generalitate a caracteristicilor cantitative ale celor mai variate procese din natură, din societate şi din gîndire.

Primele concluzii ale ciberneticii, poate încă oarecum lipsite de precizie şi insuficient de cristalizate, poartă o anumită amprentă de „mecanicism". Ele sînt caracterizate adesea numai sub un singur aspect, cel aplicativ. Face impresia că ar fi doar o nouă ramură aplicativă a ştiinţei, care foloseşte în mod complex materialul din ştiinţele naturii care erau cunoscute pînă acum. Dar cum să înţelegem atunci faptul că o ştiinţă care pare să nu aibă un obiect propriu înregistrează succese mari, nu numai în sens practic, ci şi teoretic? Sună paradoxal, dar paradoxul este aparent. Cibernetica are, incontestabil, un obiect propriu. Ea nu este o simplă anexă a celorlalte ştiinţe care studiază natura, deşi foloseşte materialul lor.

Definirea obiectului ciberneticii este o problemă foarte importantă, de ordin principial. Cît timp realizările practice ale acestei ramuri a ştiinţei întrec înţelegerea teoretică a rolului şi a sarcinilor ei, există pericolul efectiv de a ne abate de la drumul cel bun, de a ne cheltui eforturile pentru crearea unor maşini şi mecanisme principial irealizabile, pericolul de a pierde din vedere perspectiva şi ţelul cercetărilor ştiinţifice. Ştiinţa autentică nu poate să fie ahtiată după reclamă. Scopul ei practic nu constă în crearea unor modele mecanice, a unor procese şi automate

complicate şi impresionante, ci în perfecţionarea producţiei şi a metodelor investigaţiei ştiinţifice. Din nefericire, unii reprezentanţi ai noului domeniu ştiinţific de care ne ocupăm nu urmează această direcţie, ci aleargă după efecte ieftine. De aceea, în ţările capitaliste, cibernetica este parazitată de diverse curente pozitiviste, care caută să-şi întărească teoriile false prin interpretări incorecte ale unor fapte reale. Toate acestea împiedică dezvoltarea ciberneticii ca ştiinţă, îi dezorientează pe cercetători, fac să apară în jurul activităţii lor un climat nesănătos, adesea aproape mistic.

Clarificarea obiectului ciberneticii şi a posibilităţilor ei ca ştiinţă este legată de necesitatea interpretării filozofice a noilor fapte. Este un lucru pe care îl simt şi îl înţeleg înşişi reprezentanţii noii ştiinţe. Fără interpretarea filozofică corectă a datelor pînă acum obţinute, noul domeniu al ştiinţei nu poate fi făcut să progreseze, nu putem trasa calea justă a dezvoltării sale viitoare.

Dacă analizăm cu atenţie esenţa noţiunilor fundamentale ale ciberneticii — cea de *informaţie* şi cea de *comandă şi control* — putem pune în evidenţă unele elemente importante, legate de fundamentul obiectiv şi de interdependenţa acestor noţiuni. Latura matematică, formală a teoriei informaţiei şi a comenzii şi controlului este dezvoltată de specialişti. În ceea ce ne priveşte, vom încerca să interpretăm din punct de vedere filozofic conţinutul noţiunilor de informaţie şi comandă.

Fenomenele redate prin aceste noţiuni se produc în natura organică şi în viaţa socială. Cît priveşte natura anorganică, nu găsim în ea un proces clar de informaţie şi de comandă, decît în legătură cu activitatea ştiinţifică şi productivă a omului.

Orice acţiuni exercitate de sistemele materiale unele asupra altora determină anumite schimbări, modificări ale acestor sisteme. Dar aceste schimbări ale sistemelor materiale încă nu înseamnă că respectivele schimbări ar fi dirijate, comandate. Comanda şi controlul apar totdeauna în legătură cu transformarea specială, pe deplin determinată, a unui sistem material, pe care-l numim sistem comandat, pentru că în el se desfăşoară anumite procese specifice. Nu întotdeauna însă schimbarea unui sistem material este o schimbare comandată, dirijată.

Ce se poate denumi comandă ?

Să presupunem că sistemul material *A* este un sistem comandat. Vom denumi comandă o modificare a sistemului *A*, în cadrul căreia acesta îşi schimbă desfăşurarea proceselor interne,

în aşa fel încît aceste procese să se conformeze condiţiilor exterioare schimbate într-un fel special, care permite sistemului *A* să-şi păstreze în linii mari determinarea calitativă şi integritatea. În noile condiţii, sistemul *A* rămîne sistemul *A*, cu toate legile sale interne specifice, deoarece el este un sistem comandat, adică reacţionează cu sensibilitate şi supleţe la noile condiţii, restructurînd desfăşurarea proceselor sale interioare, pentru a se conserva în calitate de sistem *A*. Într-un anumit sens, comanda constituie un proces de adaptare a sistemului comandat la condiţiile schimbate, dar în aşa fel încît să se conserve determinarea calitativă a sistemului comandat.

Să ilustrăm aceste consideraţii printr-un exemplu simplu. Vom admite că, indiferent din ce cauze, a apărut o sursă de radiaţie termică intensă. Această sursă de căldură a modificat condiţiile locale. Obiectele de origine anorganică din apropierea ei încep să fie supuse acţiunii temperaturii înalte. Corpurile solide şi cele lichide vor începe să se topească şi să se volatilizeze. Compoziţia lor chimică se va modifica. Determinarea calitativă a acestor corpuri va deveni alta. În ele nu vor apărea procese îndreptate spre conservarea vechilor determinări calitative, nu se va produce o adaptare la noile condiţii.

Vom observa însă un tablou cu totul diferit, dacă în vecinătatea sursei de radiaţie termică se vor afla organisme vii. Pentru a se conserva, animalele se vor îndepărta de izvorul de căldură, dacă acesta este periculos pentru existenţa lor. Plantele fie vor pieri (dacă temperatura mediului ambiant va creşte prea mult), fie se vor adapta la „climatul" mai cald, cu condiţia ca acesta să devină constant. Aici avem a face cu procese care se exprimă prin noţiunea de comandă.

Organismele vii se deosebesc de corpurile anorganice prin complexitatea structurii lor şi prin procesele care se desfăşoară în ele şi constituie esenţa existenţei lor. Organismele vii au calitatea pregnantă de a se autodezvolta, de a duce o existenţă dinamică. Acest fapt ne dă temeiul să afirmăm că *poate fi comandat numai un sistem suficient de complex ca structură şi funcţionare internă, aflat într-un proces de mişcare, şi nu în stare de repaus*. Acad. A. I. Berg relevă această circumstanţă în definiţia pe care o dă obiectului ciberneticii, atunci cînd se ocupă de comanda şi controlul sistemelor dinamice complexe.

În procesul activităţii sale ştiinţifice şi de producţie, omul creează în mod artificial tot soiul de dispozitive tehnice, capabile, în virtutea structurii lor relativ complexe şi dinamismului

lor să fie într-un anumit mod comandate, adică aceste dispozitive sînt capabile să se reacordeze în conformitate cu condiţiile exterioare modificate pentru a-şi conserva determinarea calitativă. De exemplu, un proces tehnologic se restructurează în mod automat, dacă variază parametrii materiei prime şi ceilalţi factori, în aşa fel încît la ieşire să obţinem totdeauna o producţie utilizabilă.

Comanda şi controlul reprezintă un tip special de procese, legate de funcţionarea unui anumit „aparat", „mecanism" de comandă tehnic, biologic sau social, de care dispune un sistem dinamic complex comandat. Spre deosebire de transformarea simplă a unui sistem material, în urma căreia acesta se poate distruge, comanda şi controlul sînt posibile cu condiţia conservării aparatului de comandă şi a întregului sistem dinamic complex.

Aceasta ne arată că modificările condiţiilor exterioare trebuie să acţioneze într-o astfel de formă asupra „aparatului" de comandă şi asupra sistemului comandat în ansamblul lor, încît să nu le distrugă, dar să fie totuşi suficiente pentru ca să se realizeze procesul de comandă şi de control. Această formă de acţiune a condiţiilor exterioare asupra sistemului comandat este informaţia. *Informaţia,* ca *formă de legătură* specifică a sistemelor materiale sau ca *acţiune* a unor sisteme asupra altora, are anumite trăsături distinctive.

Întîi, informaţia este totdeauna legată de procese care au loc în materie şi se realizează datorită acestor procese. Informaţia nu există fără un obiect material corespunzător informaţiei şi fără un purtător material al acesteia, în timp ce obiectul material există independent de informaţia referitoare la el.

Al doilea, informaţia se deosebeşte de celelalte forme de legătură şi de acţiune dintre sistemele materiale prin dimensiunile ei mici şi prin forma ei de acţiune specifică, deoarece ea se realizează cu ajutorul unor cantităţi de energie relativ mici. *Aceste cantităţi de energie şi proporţiile acţiunii sub formă de informaţie trebuie să fie suficiente pentru ca „aparatul" de comandă şi control al unui sistem dinamic complex să înceapă a funcţiona, dar nu atît de mari încît să se producă o perturbare a funcţionării acestui aparat şi o distrugere a sistemului comandat în ansamblu.* De exemplu, licărirea fulgerului reprezintă o informaţie referitoare la un pericol pentru animalul care foloseşte această informaţie spre a-şi lua măsuri de precauţie, adică spre a se adăposti de furtună. În schimb, atunci cînd trăsnetul loveşte animalul, el nu mai este informaţie, deoarece „informarea" s-a realizat cu preţul pieirii celui „informat".

Al treilea, informaţia este indisolubil legată de comandă şi control. Noţiunea de informaţie şi cea de comandă şi control se implică una pe cealaltă. Fără informaţie nu există comandă şi control, iar fără procesele de comandă şi control nu are rost să vorbim despre informaţie în accepţia proprie a cuvîntului, deşi sînt posibile procese care să satisfacă toate condiţiile pe care i le-am putea pune informaţiei. *Pentru ca să existe informaţie, este necesar un proces de acţiune într-o formă determinată, formă care, totodată, trebuie să fie utilizată pentru comanda şi controlul unor sisteme dinamice complexe.* În caz contrar, această formă de acţiune se degradează pînă la procesele fizice, chimice etc. obişnuite, care nu se deosebesc în principiu prin nimic de alte procese din natură. Aici trebuie să subliniem că sistemul comandat nu reacţionează la orice informaţie, ci numai la una necesară pentru comanda şi controlul său efectiv, la un moment considerat şi în condiţii date. Totodată, informaţia nu este folosită neapărat în efectuarea nemijlocită a comenzii şi controlului. Ea poate fi acumulată „ca rezervă", pînă în momentul cînd va fi nevoie de ea.

Care este natura informaţiei?

Pentru a răspunde la această întrebare, trebuie să ne ocupăm pe scurt de fundamentul natural al oricărei informaţii. Acest fundament natural al informaţiei este proprietatea obiectivă de reflectare, inerentă materiei.

Nu vom insista asupra formelor superioare ale reflectării — senzaţia şi conştiinţa —, ci vom examina pe scurt esenţa procesului de reflectare elementară în materia anorganică, aşa cum este folosit pe scară largă în dispozitivele tehnice pentru transmiterea şi aplicarea informaţiei în vederea comenzii şi controlului unor procese de producţie, sau în vederea modelării unor procese biologice.

Unul dintre rezultatele interacţiunii sistemelor materiale este o anumită schimbare sau transformare a acestor sisteme. Schimbările pot fi importante şi neimportante, esenţiale şi neesenţiale. Se vede uşor că forma acestor schimbări este determinată de specificul calitativ al sistemelor în interacţiune, iar conţinutul acestor schimbări depinde în mare măsură de sistemele sub acţiunea cărora ele s-au produs. De exemplu, un izvor luminos acţionează asupra unei fotorezistenţe. În fotorezistenţă se produce o schimbare cantitativă interioară, în cadrul unei calităţi

determinate : ea rămîne o rezistenţă într-un circuit electric, dar mărimea ei variază. Noua mărime a rezistenţei electrice constituie însă conţinutul schimbării fotorezistenţei sub acţiunea luminii, determinată în fond de izvorul luminos (de intensitatea radiaţiei şi de distanţa de la izvor la fotorezistenţă).

Să presupunem că sistemul material *A* interacţionează, indiferent în ce mod, cu sistemul material *B*. Ca rezultat al acestei interacţiuni, sistemul *A* suferă schimbări sub influenţa sistemului *B*, şi invers. Dacă vom analiza felul cum s-a modificat sistemul *A*, vom putea constata că schimbarea sa reproduce într-un anumit mod unele particularităţi ale sistemului *B*, adică sistemul *A* reflectă anumite particularităţi ale sistemului *B*.

Dat fiind că, în sistemele materiale în interacţiune, au loc procese inerente numai lor, particularităţile sistemului *B* şi ale proceselor care se desfăşoară în el vor fi reproduse, într-o altă formă, în particularităţile proceselor care se desfăşoară în sistemul *A*. De exemplu, o particulă elementară, care străbate o cameră umplută cu vapori de apă suprasaturaţi, va determina pe parcursul ei o condensare a vaporilor în picături lichide, sub forma unui fir de ceaţă. Acest fir de ceaţă reproduce într-o altă formă traiectoria particulei elementare, unele proprietăţi ale particulei, unii parametri ai ei. Alt exemplu. O rază luminoasă cade pe suprafaţa activă a unei celule fotoelectrice. La bornele celulei apare o forţă electromotoare. După mărimea acestei forţe electromotoare ne putem face o idee despre unele proprietăţi ale izvorului luminos, deoarece mărimea forţei electromotoare reproduce într-o altă formă intensitatea radiaţiei luminoase a izvorului.

Aşadar, *reflectarea elementară va fi un proces în care, ca rezultat al acţiunii exercitate de un sistem material asupra altuia, particularităţile proceselor din primul sistem vor fi reproduse într-o altă formă în particularităţile proceselor din al doilea sistem, forma acestei reproduceri, forma reflectării elementare fiind determinată de sistemul reflectant, iar conţinutul reflectării (imaginii), variaţia sistemului reflectant va fi determinată de sistemul reflectat.*

Reflectarea în ansamblu, deci şi reflectarea elementară, nu se poate reduce la interacţiune sau la schimbare ca atare. Ea este un produs deosebit al interacţiunii şi o „parte" deosebită a schimbării. Reflectarea elementară poate avea un grad de adecvare diferit, adică ea poate reproduce mai complet sau mai puţin complet particularităţile sistemului material reflectat în cel

reflectant. Cea mai interesantă, din punct de vedere practic şi teoretic, este reflectarea adecvată, altfel spus, reflectarea exclusivă a reflectatului fără nici un fel de amestecuri străine.

Reflectarea adecvată va avea loc atunci cînd legea fundamentală a reflectării va acţiona fără abateri esenţiale. V. I. Lenin a enunţat după cum urmează această lege : „...O imagine nu poate exista fără obiectul reflectat, acesta din urmă existînd însă independent de cel în care se produce imaginea" [1].

Este cunoscut, din teoria şi din practica construcţiei de aparate şi instrumente de măsură, că indicaţiile acestora se vor apropia cel mai mult de realitate, adică vor fi adecvate parametrilor proceselor care se studiază cu ajutorul lor, în cazul în care aparatele şi instrumentele nu vor exercita o influenţă esenţială asupra desfăşurării acestor procese. Este un principiu care rezultă nemijlocit din legea reflectării, enunţată de V. I. Lenin.

Procesele de reflectare elementară apar spontan în materia anorganică. Dar pentru apariţia unor reflectări elementare adecvate sînt necesare anumite condiţii. Aceste condiţii sînt : acţiunea exercitată de reflectat asupra reflectantului trebuie să întreacă în mod considerabil acţiunea inversă, exercitată de reflectant asupra reflectatului. Condiţia ideală pentru apariţia unei reflectări adecvate va fi acţiunea unilaterală a reflectatului asupra reflectantului. Aceasta este posibil atunci cînd sistemul reflectat este practic infinit mai mare ca dimensiuni şi nivel energetic decît sistemul reflectant, sau atunci cînd între sistemul reflectat şi cel reflectant există sisteme intermediare care transmit acţiunea numai într-un singur sens : de la reflectat spre reflectant (de exemplu, diverse radiaţii şi fluxuri).

Procesul elaborării oţelului în cuptorul Martin, desfăşurarea acestui proces, particularităţile lui la fiecare moment dat sînt reproduse într-o altă formă, reflectate de diversele aparate şi instrumente, ca indicaţii ale acestora. Indicaţiile aparatelor şi ale instrumentelor se produc cît timp există procesul de elaborare a oţelului. Acesta din urmă însă există independent de aparate şi de indicaţiile lor, deoarece între sistemele „oţelul lichid" şi „aparate şi instrumente" există un lanţ de sisteme intermediare (sub forma a tot soiul de traductoare, circuite electrice, optice şi de altă natură), care transmit acţiunea sistemului „oţel" într-un singur sens, iar diferenţa dintre nivelele energetice şi dimensiunile sistemelor „oţel" şi „aparate" este foarte

[1] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 14, p. 59.

mare. Să dăm un exemplu mai intuitiv. Spectrograful reflectă, reproduce, într-o altă formă, compoziţia chimică a atmosferei Soarelui. Spectrograma atmosferei Soarelui nu se poate obţine fără acest astru, dar el există cu totul independent de spectrograf şi de spectrogramă. În cazul de faţă, reflectarea sub formă de spectrogramă poate fi considerată practic adecvată.

Formele elementare şi superioare ale reflectării stau la baza oricărei informaţii. *Procesul informaţiei are loc pentru că se produce un proces de reflectare, adică de reproducere într-o altă formă a particularităţilor obiectului despre care primim informaţia.* Noţiunea de informaţie nu îmbrăţişează numai reflectarea, ci şi procesul utilizării ei pentru conducerea unui sistem dinamic complex. Comanda şi controlul se pot realiza prin intermediul unei forme superioare a reflectării (conştiinţa), sau printr-un „aparat" special din organism, sau printr-un dispozitiv tehnic. Sensibilitatea şi conştiinţa omului capătă informaţie din lumea exterioară, fie direct, fie prin intermediul unor reflectări elementare, atunci cînd percepţia nemijlocită este imposibilă. Dacă este vorba despre dispozitive tehnice, atunci noţiunea de informaţie cuprinde, evident, „transmiterea", „transportul" (adesea într-o formă transformată) reflectării elementare de la obiectul exterior la sistemul dinamic complex comandat, printr-un anumit „canal de comunicaţie".

Calitatea informaţiei depinde direct de gradul de adecvare a imaginii. O imagine mai adecvată dă o informaţie mai bună în sensul concordanţei dintre conţinutul ei şi conţinutul obiectului informaţiei. Noţiunii de informaţie i se aplică integral legea fundamentală a reflectării. Lucrul sau fenomenul despre care ne vine informaţia este primar, iar informaţia este derivată, secundă.

Cibernetica studiază legile generale ale recepţionării, transmiterii şi folosirii informaţiei în comandă şi control, precum şi legile generale ale conducerii sistemelor dinamice complexe. Dat fiind că în recepţionarea, transmiterea şi utilizarea informaţiei la comanda şi controlul dispozitivelor tehnice s-au înregistrat mari succese, apare dorinţa de a aplica metodele cibernetici tehnice la studiul proceselor de comandă şi control din organismele vii şi chiar din viaţa socială. În această ordine de idei, vom analiza unele particularităţi ale reflectării elementare şi ale informaţiei elementare. Aceasta va contribui, după părerea noastră, la clarificarea posibilităţii dispozitivelor cibernetice tehnice modelatoare în cercetarea proceselor de comandă şi control din organismele vii sau din viaţa socială.

În materia anorganică, reflectarea are loc în conformitate cu legile de mişcare ale acestei materii. Ca formă de reproducere a trăsăturilor obiectului reflectat, ea nu depăşeşte cadrul mişcării materiei anorganice. Legile reflectării în materia anorganică reprezintă o anumită formă a legilor corespunzătoare din fizică, chimie etc. Potrivit cu aceasta, şi informaţia, din aparate, instrumente, automate, diverse dispozitive, are drept conţinut legile de mişcare ale materiei anorganice; ea poate fi exprimată în relaţii cantitative şi să aibă forma unor funcţii matematice. Această informaţie este pe deplin suficientă pentru funcţionarea automatelor. Procesele de reflectare în materia anorganică se pot desfăşura cu o viteză enormă. De aceea, cantitatea de informaţie care intră în automate şi se realizează în ele poate fi foarte mare.

Senzaţia şi conştiinţa — care constituie forma superioară a reflectării — se realizează după legile calitativ diferite ale dezvoltării materiei vii şi nu pot fi descrise şi explicate numai prin legile de mişcare ale materiei anorganice. Conştiinţa nu este atît un produs al dezvoltării materiei, cît un produs al vieţii sociale a omului, al muncii sociale a tuturor generaţiilor precedente. De aceea, multe forme de informaţie din viaţa socială a oamenilor nu pot fi traduse în limbajul formulelor matematice şi prezentate prin regulile logicii formale, inclusiv ale celei matematice.

Reflectarea în materia anorganică este un fapt obiectiv, care se repetă atunci cînd condiţiile corespunzătoare sînt reproduse fără modificare calitativă. Acest fapt, ca atare, nu cuprinde un moment de generalizare şi sinteză, deşi în reproducerea identică a faptului în condiţii identice este conţinută posibilitatea abstractă a apariţiei unei generalizări pe treapta cea mai înaltă a dezvoltării materiei: conştiinţa omului.

De exemplu, alternarea zilei şi a nopţii în regiunile de la ţărmul mării este reflectată de starea atmosferei. Ziua, un vînt umed suflă dinspre mare spre uscat, iar noaptea, un vînt uscat suflă de la ţărm spre mare. Cauza naturală a brizelor este Soarele, ca izvor de căldură, precum şi poziţia planetei noastre, mai exact poziţia unei anumite părţi a ei, faţă de Soare. Aceste brize suflă cu regularitate de milioane de ani. Apariţia brizelor este rezultatul acţiunii unei mulţimi de fapte concrete identice, fără generalizare şi sinteză, fără punerea în evidenţă a esenţei procesului: transformarea formei termice a mişcării în cea mecanică. Repetarea multiplă a acestui fapt, reflectată în conştiinţa

omului, conduce la o generalizare ştiinţifică, la descoperirea unei legi meteorologice obiective.

Aşadar, dacă în materia anorganică reflectarea este un fenomen fizic, chimic etc., în schimb, sub formă de conştiinţă ea devine, după expresia lui Marx, autocunoaşterea materiei cu înaltă organizare, pătrunderea esenţei, a legii evoluţiei lucrurilor şi fenomenelor din lumea obiectivă.

Pe această bază, informaţia dată şi recepţionată de aparate şi automate este o reproducere a faptelor într-o altă formă, *fără generalizare şi sinteză şi fără pătrunderea esenţei fenomenelor.* Ea poate cuprinde un element de generalizare în măsura în care aceasta este făcută dinainte de către om, la proiectarea maşinii sau a automatului, sau dacă omul o face pe baza indicaţiilor aparatelor şi instrumentelor. Informaţia recepţionată de sistemul nervos central şi de creierul omului este supusă operaţiei de generalizare în procesul activităţii creierului. Această generalizare este verificată de practica socială.

Reflectarea în materia anorganică este o caracterizare obiectivă a unor particularităţi cantitative şi calitative ale lucrului reflectat, dar nu este imaginea lui subiectivă. În condiţii identice, reflectarea în materia anorganică va fi totdeauna aceeaşi. De aceea, ea are o semnificaţie obiectivă. Pe această particularitate a materiei anorganice se întemeiază construcţia de aparate şi instrumente, în ansamblul ei. Un aparat şi un automat în bună stare nu „greşesc" în sfera extrem de îngustă a destinaţiei lor şi în condiţii care nu se schimbă. Ele nu dau o imagine, o sinteză, o caracterizare integrală a obiectului sau a fenomenului, din care cauză informaţia este aici imparţială şi palidă.

Reflectarea sub forma senzaţiei şi a conştiinţei este o imagine subiectivă a lumii obiective. Conştiinţa prinde tabloul integral al obiectului, determinaţia sa cantitativă şi pe cea calitativă. Acest tablou este incomplet, aproximativ, subiectiv. Dar el se deosebeşte radical de suma celor mai fine indicaţii ale celor mai perfecte aparate şi instrumente, pentru că nu reprezintă o sumă a caracteristicilor diverselor detalii ale obiectului observaţiei, ca aceea pe care o dau aparatele, ci o reflectare a esenţei lucrului, a legii dezvoltării acestuia. Concordanţa dintre imaginea subiectivă şi conţinutul obiectiv se obţine în procesul cuceririi practice a naturii, de-a lungul întregii istorii a omenirii.

Procesul reflectării în natura anorganică este un act pasiv. Reflectarea reproduce, într-o altă formă, unele trăsături ale lucrului reflectat şi nimic mai mult. Conştiinţa omului este o

reflectare activă a lumii înconjurătoare. În procesul cunoaşterii şi transformării practice a lumii, omul se transformă şi se perfecţionează pe sine. Categorii ca interesul, scopul, tendinţa, pasiunea, moralul, care joacă un rol uriaş în mobilizarea tuturor forţelor societăţii pentru rezolvarea diverselor probleme, nu-şi au locul în lumea maşinilor, a automatelor. După cum s-a menţionat, pe bună dreptate, „logica" maşinilor nu are acces la dialectică. Toate verigile, subansamblele şi elementele unei maşini sînt lipsite de posibilitatea autodezvoltării şi autoperfecţionării.

În proiectarea calculatoarelor electronice şi în întocmirea programelor lor, precum şi a diverselor coduri, se foloseşte pe scară largă modelarea diferitelor procese fizice cu ajutorul unor scheme electrice şi radiotehnice. Electronica dispune de mari posibilităţi de modelare şi utilizare a analogiilor bazate pe legile comune ale desfăşurării diverselor procese fizice. De obicei, legile respective au formă matematică: ele sînt descrise de aceleaşi ecuaţii.

Se fac încercări serioase şi destul de izbutite de a se crea modele electrice ale unor procese fiziologice, între altele ale reflexului necondiţionat şi ale celui condiţionat. Mulţi cercetători din domeniul ciberneticii se interesează intens de posibilităţile aplicării modelelor tehnice în studiul proceselor care au loc în sistemul nervos central al omului. Biologii şi fiziologii manifestă şi ei interes pentru cibernetică, ca un nou mijloc aplicabil în cercetările lor de specialitate.

Face impresia că „analogia", o categorie care pînă în prezent nu era considerată de filozofi ca un mijloc şi un instrument de nădejde în cercetările ştiinţifice, a dobîndit, întrucîtva „tacit", drept de cetăţenie. Oricum ar fi, ea este folosită de mult pe scară largă în ştiinţele tehnice, ea deschide noi posibilităţi pentru rezolvarea unor probleme complexe în biologie, fiziologie, lingvistică etc. Evident, aceasta trebuie să constituie un impuls pentru analiza categoriei de analogie şi pentru stabilirea condiţiilor aplicabilităţii ei.

În primul rînd, analogia ştiinţifică trebuie să ia ca punct de plecare o trăsătură comună reală a două sau mai multe fenomene, dintre care unul serveşte ca analog al celorlalte. Fără luarea în considerare a acestei condiţii indispensabile, analogia nu va avea suficientă valoare ştiinţifică şi poate fi chiar dăunătoare. Dacă fenomenele considerate nu au trăsături comune esenţiale, atunci analogia va fi superficială. Conţinutul ei va

fi format din fapte întîmplătoare şi nu va reflecta necesarul şi logicul.

Este oare posibil să facem o analogie între funcţionarea dispozitivelor automate tehnice şi activitatea organismelor vii, între funcţionarea maşinilor de calcul şi a altor maşini „logicizante", pe de o parte, şi activitatea creierului? Credem că, între anumite limite, este posibil. Legitimitatea unor astfel de analogii rezultă, între altele, din trăsăturile comune formelor de reflectare inferioară şi superioară.

Particularităţile proprii formelor de reflectare inferioară şi superioară pot servi ca fundament obiectiv unei analogii ştiinţifice între funcţionarea unei calculatoare electronice şi procesele care se desfăşoară în sistemul nervos şi în creier. Însă particularităţile specifice ale fiecăreia dintre cele două forme de reflectare, deosebirile dintre ele impun aplicării metodei analogiilor hotare naturale, obiective.

Putem folosi metoda analogiilor în compararea unui dispozitiv cibernetic cu sistemul nervos central, atunci cînd vorbim despre interacţiunea dispozitivului sau a organismului cu mediul exterior, atunci cînd spunem că unul dintre rezultatele acestei interacţiuni este reproducerea într-o altă formă a trăsăturilor proceselor din lumea exterioară în procese care au loc în dispozitiv şi în organism, cînd folosim aceste reproduceri pentru realizarea comenzii şi controlului, arătînd însă că această reproducere nu este identică cu condiţiile şi cu procesele exterioare, că această reproducere din dispozitivele cibernetice complexe şi din organisme este derivată, secundă în raport cu fenomenele reproduse.

Evident, mai rămîn multe trăsături care nu sînt accesibile analogiilor, deoarece deosebirile au un caracter radical, ele fiind determinate de ireductibilitatea principială a legilor activităţii vitale a organismului, în genere, şi a omului, îndeosebi, la legile mişcării materiei anorganice.

Asemănarea dintre mecanismul conexiunii inverse în dispozitivele automate şi în activitatea vitală a organismelor este, şi ea limitată la cadrul trăsăturilor comune ale formei de reflectare inferioară şi ale celei superioare, fiind bazată pe proprietatea de reflectare a materiei. Variaţia regimului de funcţionare a maşinii în urma apariţiei în mediul exterior, sau chiar în interiorul maşinii (uzură, dereglaj, ieşirea din funcţiune a unor subansamble), a unor noi factori poate constitui începutul unui lanţ de reflectări în sens invers (de la ieşirea maşinii spre intrarea ei),

pentru ca veriga finală a acestui lanţ să introducă corectivele corespunzătoare în programul de funcţionare al maşinii, să modifice acest program în conformitate cu noile condiţii, să deconecteze subansamblele defecte şi să le pună în funcţiune pe cele de rezervă, reacordînd din mers schema de funcţionare a maşinii.

In automate, conexiunea inversă nu se deosebeşte prin nimic esenţial de reflectarea directă: intrare-ieşire. Aceasta este o informaţie corectoare. Trebuie avut în vedere că, la fel ca în organismele vii, reflectarea în maşini (inclusiv conexiunea inversă) nu este aproape niciodată nemijlocită. De obicei, între obiectul reflectat şi imaginea folosită practic (sub formă de informaţie) există reflectări intermediare. Orice schemă radioelectronică este bazată pe reflectări consecutive. Să luăm cel mai simplu aparat de radio. Mulţimea oscilaţiilor electromagnetice (undelor), de diverse frecvenţe este reprodusă, redată de antenă sub forma unor oscilaţii electrice. Dintre toate aceste oscilaţii de diferite frecvenţe, un circuit acordat al aparatului recepţionează numai oscilaţiile de o frecvenţă determinată, care sînt transmise la grila tubului detector. Tensiunea alternativă la grila tubului este reprodusă de variaţia intensităţii fluxului de electroni de la catodul spre anodul tuburilor, care se desfăşoară în acelaşi ritm cu oscilaţiile grilei. In interiorul tubului ia naştere un curent electric (datorită diferenţei de potenţial dintre catod şi anod), care reproduce oscilaţiile grilei, însă mult amplificate. Difuzorul conectat la circuitul anodic redă oscilaţiile electrice amplificate care sînt reproduse apoi de oscilaţii corespunzătoare ale aerului, percepute de ureche ca sunete, ca informaţie.

Pe toate treptele intermediare găsim reflectări mijlocitoare, adică reproduceri ale trăsăturilor proceselor care constituie cauza în particularităţi ale proceselor care constituie efectul, dar într-o altă formă. Tot acest proces complex este necesar pentru a obţine o informaţie deplină şi de forma necesară, accesibilă unei utilizări practice. Firesţe, conexiunea inversă se realizează şi ea prin reflectări multiple, pînă cînd se obţine rezultatul necesar.

Autoreglajul celor mai complexe calculatoare electronice, subansamblele memoriei lor, întocmirea automată a unor noi programe etc. nu pot, prin natura lor, să depăşească cadrul formei inferioare de reflectare. Se invocă faptul că au fost create maşini care, în noi condiţii, elaborează independent de om programul

activităţii lor ulterioare. Pe baza acestui fapt se trage concluzia că este posibilă crearea unor dispozitive înzestrate cu aptitudini „intelectuale", capabile să înlocuiască activitatea de gîndire a omului. Dar dacă aprofundăm esenţa acestor fapte, observăm cu uşurinţă un detaliu important. Pentru ca maşina să poată alcătui un program, ea este proiectată cu această proprietate. Toate aspectele funcţionării unui automat în domeniul autoreglajului şi al asigurării sale cu un nou program, în cazul unor eventuale schimbări ale condiţiilor, sînt dinainte luate în considerare de proiectanţii maşinii, cel puţin într-o formă probabilistică. Programul iniţial introdus în maşină conţine (cel puţin sub forma unei posibilităţi abstracte) toate programele pe care ulterior această maşină şi le va elabora „independent".

Ar fi ilogic să credem că o maşină creată pentru o anumită muncă productivă sau ştiinţifică îşi va începe viaţa într-un mod atît de independent, încît va construi alte maşini, din ce în ce mai perfecţionate. În primul rînd, loturile de maşini astfel construite se vor înşăiina, una după alta, de maşina „creatoare de maşini". Necesitatea perfecţionării lor ulterioare, care se va manifesta numai în procesul exploatării lor, poate fi luată în considerare pentru modificarea programului maşinii care construieşte automat alte maşini, numai atunci cînd intervine şi omul. În al doilea rînd, noile materiale şi procedee tehnologice descoperite şi perfecţionate după construirea maşinii care construieşte alte maşini nu vor putea fi utilizate de ea fără participarea omului (aici nu va fi de folos nici un fel de autoreglaj sau „autoprogramare"). În al treilea rînd, nu trebuie să uităm că maşinile, instrumentele şi aparatele actuale sînt un rezultat al activităţii creatoare a unor mari colective de oameni, produsul foarte multor ramuri industriale: extractivă, energetică, chimică, metalurgică prelucrătoare, constructoare de aparate electro- şi radiotehnice etc. Visul de a sintetiza toate acestea într-o singură maşină este foarte ispititor. Dar dacă ţinem seama de considerente economice, lipsa de sens a creării unui supraautomat atotcuprinzător devine cît se poate de clară.

Desigur, se poate presupune că atunci cînd va fi descoperită sinteza proteinei vii şi va apărea posibilitatea de a crea celule cu viaţă artificială şi cu proprietăţi dinainte stabilite, tehnica va utiliza elemente şi subansamble „vii", îmbinate cu elemente şi subansamble tehnice. Dar chiar dacă vom izbuti să folosim astfel de subansamble „vii" în maşini („memorie", „senzaţii" etc.), acestea nu se vor ridica din punct de vedere calitativ pînă

la nivelul activităţii creierului. Va fi o îmbinare mecanică de procese eterogene, care nu conduce la formarea unui întreg unitar, în sens fiziologic şi psihologic. F. Engels spune că „...parte şi întreg, de exemplu, sînt categorii care devin insuficiente în natura organică... *Simplu şi compus*. Categorii care de asemenea îşi pierd sensul, devin inaplicabile la natura organică. Nici împreunarea mecanică a oaselor, a sîngelui, a cartilajelor, a muşchilor, a ţesuturilor etc., nici compoziţia chimică din elemente nu constituie încă animalul" [2].

Diversele modele tehnice ca „şoarecele în labirint", „broasca ţestoasă" etc., cu care se demonstrează „memoria" şi „reflexele condiţionate", reproduc prin analogie trăsături ale proceselor fiziologice, legate de particularităţile comune ale formei de reflectare inferioare şi ale celei superioare. Încercările de a explica posibilităţile limitate ale acestor analogii numai prin aspectul cantitativ al problemei nu pot fi recunoscute consistente. Problema nu stă în faptul că creierul este format din cîteva miliarde de celule, în timp ce maşina are doar mii sau zeci de mii de elemente. În principiu, este posibil să creăm maşini cu milioane sau chiar cu miliarde de elemente (aceste perspective ne sînt deschise de cristalele semiconductoare). Este o problemă tehnică foarte complicată şi grea. Dar prin rezolvarea ei nu se va produce un salt calitativ de un asemenea ordin încît, după el, maşina să înceapă a reproduce în întregime funcţiunile creierului. Este incontestabil că mărirea numărului de elemente va deschide noi şi mari posiblităţi. Dar probabil că şi aceste posibilităţi vor fi întemeiate pe specificul formei de reflectare inferioare, pe proprietăţile dezvoltării materiei anorganice.

Nu trebuie să uităm nici factorul de siguranţă, despre care vorbeşte acad. A. I. Berg. Creierul omului posedă calitatea remarcabilă de a funcţiona cu o siguranţă uluitoare. În cadrul unei analogii pur mecanice i se asociază fiecărei celule cerebrale cîte un dispozitiv electronic. 12—15 miliarde de dispozitive electronice (cît este numărul celulelor din creier) vor cere o cantitate de cîteva ori mai mare de capacităţi, rezistenţe, inductanţe, circuite electrice, contacte (lipite sau sudate) etc. Toată această combinaţie de o monstruoasă complexitate a unor dispozitive nu prea sigure poate să iasă în orice clipă din funcţiune, din cauza celor mai neînsemnate defecţiuni şi perturbaţii interne.

[2] F. Engels, *Dialectica naturii*, pp. 194—195.

Ce ne garantează că „creierul electronic" va da soluţii corecte? Nu apare, oare, problema unei „schizofrenii a maşinii", care nu va fi atît de uşor de constatat? Citãm aceste considerente, nu pentru a pune la îndoială necesitatea creării unor maşini logice specializate. Astfel de maşini sînt cerute de producţia şi de ştiinţa din zilele noastre, şi ele vor fi create şi perfecţionate mereu. Negăm însă posibilitatea *înlocuirii totale* a creierului omului prin „creierul" unei maşini.

Crearea unei maşini pentru traducerea unor texte dintr-o limbă în alta constituie un mare succes al ciberneticii şi al lingvisticii structurale. Şi totuşi, maşina-traducător nu se ocupă de conţinutul ideilor cuprinse în text, ci numai de forma cuvintelor în care sînt îmbrăcate aceste idei. Traducerea automată se reduce la înlocuirea unei forme lingvistice prin alta. Mai mult ea nu ne poate oferi.

În traducătorul mecanic nu ia naştere nimic nou care să îmbogăţească limba şi forma literară. În maşină se introduce un program care ţine seama de realizările actuale ale limbii, dezvoltată de omenire de-a lungul istoriei ei milenare. Legile formării propoziţiilor şi ale modificării cuvintelor sînt modelate şi sărăcite în mod inevitabil. Această sărăcie este compensată printr-un număr imens de comparaţii succesive ale codurilor cifrice ale cuvintelor, urmate de alegerea unui cuvînt cu aceeaşi semnificaţie. Bineînţeles, toate aceste operaţii nu pot înlocui activitatea unui traducător uman. De exemplu, traducerea mecanică a unui text beletristic nu îşi are rost, deoarece se pierde frumuseţea formei, ceea ce, totodată, ştirbeşte însuşi conţinutul.

Seria maşinilor de felul celei care „joacă" şah, „compune" muzică etc. nu prezintă interes practic în sensul propriu al cuvîntului. Interesul pentru aceste maşini este suscitat de faptul că ele constituie un experiment strălucit de modelare a unor operaţii logice elementare.

Direcţia de dezvoltare a automaticii care urmăreşte să-l scutească pe om de un gen de activitate intelectuală care reprezintă o plăcere, care înseamnă creaţie în sferele înalte ale vieţii intelectuale şi afective, nu poate fi considerată oportună.

Maşina care „compune" muzică operează cu latura formală, matematică a combinării diverselor sunete. Însă armonia matematică a sunetelor nu înseamnă încă armonie artistică, muzică în adevăratul înţeles al cuvîntului. Maşina poate combina într-un mod ireproşabil, pe planul teoriei fizice, sunete după nuanţă şi timbru, poate aduna şi scădea vibraţii etc., le poate traduce în note sau reproduce în sonoritate directă. Această „muzică" va fi matematic corectă şi aridă. Vibraţiile de diverse frecvenţe se pot suprapune în mod ideal din punct de vedere al funcţiilor de undă. Un oscilograf conectat la maşină va reproduce pe ecran curbele absolut pure ale tonurilor şi ale semitonurilor. Însă... această muzică nu va vorbi inimii noastre, deoarece va fi lipsită de conţinut uman, de bucurie sau tristeţe, de duioşie sau mînie, de patetism sau lirism. „Muzica" maşinii este moartă, fără pasiune, lipsită de fantezie şi de emoţii. Creatorul maşinii-compozitor, dacă nu este afon faţă de artă şi nu este educat în tradiţiile jazului american contemporan şi ale artei „abstracte", va fi nevoit, răsfoind notele „mecanice", să repete cuvintele pe care Puşkin le pune în gura lui Salieri:

„...Ucigînd sunetele,
Am descompus muzica ca pe un cadavru. Armonia
Am încredinţat-o algebrei..."

În S.U.A. se acordă multă importanţă aşa-numitului „comandant suprem electronic" al sistemului apărării antiaeriene. Tot acolo se întocmesc prognoze în legătură cu construirea unor maşini care rezolvă probleme de tactică, comandă operaţii militare şi elaborează chiar planuri strategice. Este în afară de orice îndoială că aplicarea maşinilor electronice de calcul la comanda mijloacelor tehnice de luptă, în particular a mijloacelor apărării antiaeriene, este raţională şi recomandabilă.

Sistemul de detectare al apărării antiaeriene poate fi pus în legătură cu un centru de informaţie şi calcul, care prelucrează automat datele intrate şi determină variantele avantajoase de intrare în funcţiune a mijloacelor de luptă. Toate aceste automate pot rezolva variante ale unor probleme de tactică, numai luînd ca punct de plecare componenţa cantitativă a trupelor şi posibilităţile tehnicii de luptă de care dispun. În schimb, „comandantul suprem electronic" nu poate să ţină seama, în calculele sale, de posibilităţile umane ale efectivelor, adică moralul şi conştiinţa politică, spiritul de luptă, patriotismul, hotărîrea de a se jertfi şi multe alte calităţi, deoarece toate acestea nu pot fi modelate cu fidelitate prin scheme electrice sau programate pe o peliculă magnetică.

Automatul nu poate elabora planuri strategice, deoarece nu se pot exprima prin funcţii matematice sau prin constantele „da", „nu", „şi", „sau" ale logicii matematice situaţia politică de pe arena internaţională, dispoziţia forţelor de clasă, ideologia,

patriotismul, factorul moral, posibilităţile economice etc. Or, în ultimă instanţă, toate aceste elemente determină, în mare măsură, ideea strategică fundamentală, iar realizarea ei cu succes — rezultatul războiului.

Istoria artei militare ne arată că, adesea, au obţinut victoria armate cu efective mai mici împotriva unora mai mari şi mai bine înarmate, datorită unui moral mai înalt, datorită eroismului plin de abnegaţie al oamenilor, datorită ingeniozităţii şi inventivităţii comandanţilor. Să nu uităm că stratagema militară ţine de domeniul fenomenelor psihice. Dar cum să măsurăm şi să exprimăm matematic toţi aceşti factori şi alţii asemănători? Cum să-i codificăm pentru maşină? Cum să exprimăm, prin mijloacele logicii matematice, efectul exemplului înălţător al comandanţilor iubiţi, impresia pe care o fac asupra trupelor îndemnurile lor, datorită cărora oamenii devin capabili de adevărate fapte de eroism? Nu orice se pretează la o exprimare cantitativă.

In cazul considerat, principiile determinismului fizic nu pot fi transferate mecanic în sfera fenomenelor sociale. Aici domneşte o altă formă a determinismului, incomparabil mai complexă, care poate fi descrisă numai prin mijloacele logicii dialectice. Aplicarea logicii matematice este aici vădit insuficientă.

Problemele ciberneticii trebuie examinate şi pe plan social. Aici există două abordări opuse ale problemei. Burghezia din ţările capitaliste contemporane visează cu pasiune la muncitori „ideali" din punctul ei de vedere: anexe mute ale maşinii, care nu „se răzvrătesc", nu se unesc pentru a lupta împotriva exploatatorilor, se supun fără să cîrtească sistemului robiei capitaliste. De aceea, gîndirea umană vie este periculoasă pentru burghezie. Dar în viaţa reală nu există astfel de muncitori. Ideologii burgheziei văd o soluţie în înlocuirea muncitorilor prin roboţi (ca şi cum roboţii ar putea produce plusvaloare!). Din această cauză, ei se străduiesc să încadreze cibernetica în patul procustian al ştiinţei roboţilor. Din punctul lor de vedere, trebuie să gîndească numai elita intelectuală, vîrfurile intelectualităţii tehnice burgheze, iar toată masa de muncitori din societatea capitalistă trebuie să se transforme în vite de muncă necuvîntătoare. De aci explicaţia încercărilor de a dirija cibernetica pe calea falsă a găsirii unor posibilităţi de înlocuire totală a muncii intelectuale prin funcţionarea unor automate.

Societatea socialistă este interesată să uşureze atît munca fizică, cît şi cea intelectuală. Dar ea nu are nevoie să înlocuiască

total munca intelectuală, ceea ce este, de altfel, imposibil. Comunismul este o societate în care se va înfăptui adevărata înflorire a aptitudinilor fizice şi intelectuale ale omului, în care ştiinţa, arta şi cultura vor atinge o dezvoltare extrem de înaltă. Pentru ca oamenii să-şi poată consacra forţele creaţiei, ei trebuie eliberaţi nu numai de munca fizică grea, ci şi de inevitabila muncă intelectuală „mecanică" auxiliară, care se repetă monoton. De exemplu, este unanim cunoscută munca istovitoare a calculatorilor, care sînt nevoiţi să efectueze zi de zi calcule cifrice cuprinzînd adesea multe milioane de operaţii aritmetice elementare, pentru a determina o anumită mărime căutată. Toate acestea constituie o muncă intelectuală, care nu este însă decît foarte puţin sau chiar de loc creatoare. Operaţiile logice repetate se efectuează după o schemă cunoscută, ele nu cer din partea lucrătorului decît atenţie. Această muncă poate şi trebuie să fie mecanizată, deoarece este legată de creaţie numai în etapa ei iniţială şi în cea finală, cînd trebuie elucidat aspectul de principiu al problemei, cînd trebuie definită o dependenţă cantitativă, elaborată o metodologie, stabilită succesiunea operaţiilor matematice şi trase concluzii pe baza rezultatului calculelor.

Din moment ce toate aceste probleme de principiu sînt rezolvate, are rost să se cheltuiască anumite eforturi pentru alcătuirea unui program şi pentru a se încredinţa maşinii efectuarea milioanelor de operaţii aritmetice. Tot astfel, nu este nevoie să se piardă timp şi forţe pentru supravegherea desfăşurării unui proces tehnologic pus la punct şi verificat practic, pentru clasificarea unui ansamblu de fapte şi pentru multe alte operaţii care se repetă de foarte multe ori.

Electronica are a face cu procese care se desfăşoară rapid. Este firesc ca un automat electronic să efectueze incomparabil mai repede decît omul un număr imens de operaţii logice elementare. Există probleme care trebuie soluţionate în fracţiuni de secundă, de exemplu în procese experimentale şi în producţie. Sateliţii artificiali ai Pămîntului şi rachetele cosmice sînt plasate pe orbită în cîteva minute. Pentru a asigura traiectoria lor precisă, sistemul de comandă trebuie să capete informaţia prelucrată la intervale de fracţiuni de secundă. Este de la sine înţeles că nici măcar un mare colectiv de calculatori nu este capabil să efectueze mii de operaţii aritmetice în cîteva fracţiuni de secundă pentru a calcula regimul de funcţionare al motoarelor, al cîrmelor şi al altor mecanisme ale rachetelor cosmice.

Este un caz în care cantitatea se transformă în calitate. Maşina ne permite să realizăm ceea ce omul nu este în stare să facă: viteza enormă a operaţiilor de calcul. De aceea, au dreptate tovarăşii care compară maşinile de calcul cu o unealtă de muncă. Dacă uneltele de producţie obişnuite sînt o continuare artificială a braţului omului, calculatoarele electronice şi alte maşini asemănătoare sînt mijloace ajutătoare ale muncii creierului, care îl scutesc de repetarea monotonă a unei munci auxiliare. Pe aceasta o realizează maşina, după programul care i-a fost dat.

După părerea noastră, aceasta este una dintre direcţiile în care trebuie să se dezvolte cibernetica. Sarcina ei nu constă în a-l elibera cu totul pe om de activitatea intelectuală, ci în a-i uşura la maximum munca fizică şi intelectuală în producţie, în a-l scuti pe om de munca intelectuală auxiliară, plictisitoare şi monotonă, care nu cere din partea sa imaginaţie creatoare, ci doar atenţie şi corectitudine. Această muncă intelectuală auxiliară se încadrează în limitele logicii matematice. Ea poate fi realizată de maşini bazate pe folosirea formei inferioare a reflectării materiei de către materie.

În încheiere, trebuie să spunem că, în articolul de faţă, am făcut numai o încercare de a aborda cibernetica din punctul de vedere al reflectării inerente materiei. Credem că acest punct de vedere este justificat şi foarte promiţător.

Problemele conducerii şi cibernetica

Acad. A. I. BERG

Pe măsură ce se complică activitatea ştiinţifică, productivă, socială şi economică a omului, cresc dificultăţile organizării ei raţionale. De asemenea, concomitent cu dezvoltarea civilizaţiei, a culturii şi cu progresul tehnic general, se măresc exigenţele faţă de calitatea administrării, a conducerii, a guvernării. Aceste exigenţe sînt deosebit de înalte în statul nostru socialist, unde nu există clase antagoniste şi grupări care să pună interesele lor înguste mai presus de interesele poporului. În economia socialistă planificată, există toate condiţiile pentru utilizarea optimă a realizărilor ştiinţei şi tehnicii spre binele tuturor membrilor societăţii.

În ultimii 15 ani au fost create maşini electronice de comandă şi de calcul, care constituie un mijloc important pentru mărirea eficienţei conducerii. Pe baza acestor noi mijloace tehnice, datorită lucrărilor matematicienilor, logicienilor, biologilor şi specialiştilor în teoria informaţiei, a fost elaborată o ştiinţă nouă despre conducere: cibernetica.

Posibilităţile şi perspectivele largi ale măririi eficienţei conducerii au creat în ţările capitalului un teren prielnic pentru speculaţii ştiinţifice şi ideologice, pentru a se face reclamă „pretenţiilor senzaţionale" nejustificate ale ciberneticii. Din această cauză, oamenii noştri de ştiinţă au manifestat o anumită rezervă, ceea ce a întîrziat întrucîtva dezvoltarea şcolii sovietice de cibernetică. Există, în prezent, toate condiţiile pentru a orienta eforturile principale spre crearea unui fundament ideologic solid pentru ştiinţa sovietică a conducerii.

În articolul pe care-l supunem atenţiei cititorului, se relevă importanţa acordată de V. I. Lenin ştiinţei administrării, a

conducerii și a guvernării, eforturile depuse de-a lungul multor ani în țara noastră pentru a organiza mai bine conducerea uriașei economii naționale și, în sfîrșit, se face încercarea de a clarifica unele probleme în discuție.

1. De la Lenin pînă în zilele noastre

Problemele organizatorice și, în particular, problemele guvernării și ale conducerii s-au bucurat întotdeauna de o mare atenție în țara noastră, în cadrul rezolvării problemelor politice, economice generale și speciale, științifice, tehnice și de producție. De asemenea, și peste hotare acestor probleme li se acordă de mult o atenție considerabilă.

După victoria Marii Revoluții Socialiste din Octombrie, în toamna anului 1917, partidul bolșevicilor s-a aflat în fața unei sarcini de cea mai mare importanță : să organizeze guvernarea țării, care suferise pierderi grave în timpul războiului, în condițiile sabotajului și ale rezistenței burgheziei și funcționărimii. În martie-aprilie 1918, Vladimir Ilici Lenin, întemeietorul statului sovietic, a publicat amplul articol — *Sarcinile urgente ale Puterii sovietice*. În acest articol, el scria că principala sarcină a revoluției socialiste în Rusia „este munca pozitivă sau constructivă în vederea creării unei rețele extrem de complexe și de fine de noi relații organizatorice, menite să cuprindă producția și repartiția planificată a produselor necesare existenței a zeci de milioane de oameni“ [1].

Dezvoltîndu-și ideea, V. I. Lenin scria în continuare : „Noi, partidul bolșevic, *am convins* Rusia. *Am cucerit* Rusia — din mîinile celor bogați pentru cei săraci, din mîinile exploatatorilor pentru cei ce muncesc. Acum trebuie *să conducem* Rusia. Și tot specificul momentului actual, toată greutatea constă în a înțelege *particularitățile trecerii* de la sarcina principală de a convinge poporul și de a reprima pe exploatatori pe calea armelor la sarcina principală de *a conduce*“ [2].

În cuvîntul de încheiere a discuțiilor la raportul despre sarcinile urgente, rostit la ședința din 29 aprilie 1918 a C.E.C. din

[1] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 27, Editura Politică, București, 1959, p. 225.
[2] *Ibidem*, p. 226.

Rusia, Lenin a insistat în mod special asupra importanței tehnicii noi pentru construirea socialismului și pentru guvernarea țării. „Noi nu ne imaginăm alt socialism decît socialismul care are la bază toate învățămintele dobîndite de marea civilizație capitalistă. Socialismul fără poștă, fără telegraf, fără mașini este o vorbă goală“ [3].

În controversa foarte aprinsă asupra rolului sindicatelor, care a avut loc în 1920, V. I. Lenin a exprimat ideea extrem de valoroasă că sindicatele, care nu sînt o organizație de stat, sînt o organizație educativă, o organizație de atragere, de instruire, o școală, și anume o școală a conducerii, o școală a gospodăririi, o școală a comunismului. (Este deosebit de important să ținem minte aceasta acum, cînd se înfăptuiește trecerea planificată de la socialism la comunism în țara noastră și un număr tot mai mare de funcțiuni ale statului, de funcțiuni de guvernare sînt transmise organizațiilor obștești, inclusiv sindicatelor).

Se terminase războiul civil și, în condițiile ruinei și ale foametei, trebuia să se treacă la refacerea și la dezvoltarea industriei, la electrificarea țării, la mărirea productivității muncii. Din nou, V. I. Lenin pune, în modul cel mai pregnant, problema necesității de a îmbunătăți radical guvernarea țării. În articolul *Mai bine mai puțin, dar mai bine* — ultimul articol pe care l-a publicat, — apărut în „Pravda“ din 4 martie 1923, el își exprimă neliniștea în legătură cu imperfecțiunea aparatului de stat al tinerei Republici sovietice, creat în condiții cînd nu existau posibilități și timp pentru a-l instrui cu adevărat. V. I. Lenin consideră că noua organizație — Inspecția muncitorească-țărănească — trebuie să devină un instrument pentru îmbunătățirea acestui aparat și recomandă să nu se manifeste pripă în rezolvarea acestei probleme. „Sînt cinci ani de cînd ne agităm pentru îmbunătățirea aparatului nostru de stat, dar aceasta nu este decît o agitație... ea ne-a dat o aparență de muncă, dar în realitate n-a făcut decît să îmbîcsească instituțiile și mințile noastre. Trebuie, în fine, ca această stare de lucruri să se schimbe. Trebuie să adoptăm ca regulă : mai bine cantitativ mai puțin, dar calitativ mai bine“ [4]. Mai departe, V. I. Lenin spune : „Cred că, pentru aparatul nostru de stat tocmai acum a sosit, în sfîrșit, momentul cînd trebuie să ne ocupăm de el așa cum

[3] V. I. Lenin, *op. cit.*, *p.* 292.
[4] Idem, *Opere*, vol. 33, E.S.P.L.P., 1957, pp. 484—485.

se cuvine, cu toată seriozitatea și cînd poate cea mai dăunătoare trăsătură în această muncă ar fi pripeala" [5].

V. I. Lenin a recomandat să fie atrași în muncă comuniști și muncitori ireproșabili, acordîndu-se o deosebită atenție condiției ca ei „...să reușească la un examen privitor la cunoașterea bazelor teoriei în problema aparatului nostru de stat, la cunoașterea bazelor științei de a administra..." [6] El scrie, mai departe: „După părerea mea, dintre numeroasele instituții pe care le-am creat pînă în prezent pe linia institutelor superioare ale muncii etc. trebuie să alegem un minimum, să verificăm dacă sînt îndeajuns de serios organizate și *să ne continuăm munca numai în așa fel, ca ea să fie într-adevăr la nivelul cerințelor științei* moderne și să ne asigure toate cuceririle acesteia" (sublinierea îmi aparține — *N.A.*) [7].

Vladimir Ilici era deosebit de îngrijorat de lipsa unor manuale bune și a recomandat „să se instituie imediat un concurs pentru alcătuirea a două sau mai multe manuale despre organizarea muncii în general și a muncii administrative în special" [8]. În sfîrșit, el insista ca tovarășii din conducere să se ocupe de teoria „...organizării muncii căreia ei intenționează să i se consacre..." [9].

V. I. Lenin a acordat o atenție specială pericolului hipertrofierii aparatului de stat: „Trebuie să realizăm în aparatul nostru de stat maximum de economie. Trebuie să eliminăm din el orice urme de risipă pe care le-a lăsat moștenire, într-o măsură atît de mare, Rusia țaristă, aparatul ei birocratic-capitalist" [10].

De-a lungul numeroșilor ani care s-au scurs de atunci, în Uniunea Sovietică s-au făcut cercetări pentru găsirea celor mai bune căi și metode de conducere a economiei naționale, care se dezvolta rapid. Conducerea proceselor complexe ale producției, dirijarea proceselor și a operațiilor care aveau loc în societatea sovietică în domeniul economiei, al planificării, al evidenței, al aprovizionării, al finanțării, al transporturilor, al telecomunicațiilor etc. a devenit una dintre sarcinile cele mai importante. Am putea cita un mare număr de măsuri luate în ultimii 25 de ani și îndreptate spre îmbunătățirea administrării, a conducerii.

[5] V. I. Lenin, *op. cit.*, p. 485.
[6] *Ibidem*, p. 486.
[7] *Ibidem*, p. 487.
[8] *Ibidem*, p. 488.
[9] *Ibidem*, p. 489.
[10] *Ibidem*, p. 496.

Una dintre cele mai importante măsuri de politică economică, luate în ultimii ani de Partidul Comunist, este reorganizarea conducerii industriei și a construcțiilor, care aduce la îndeplinire hotărîrea plenarei din februarie (1957) a C.C. al P.C.U.S. „Cu privire la perfecționarea continuă a organizării conducerii industriei și construcțiilor". Această hotărîre a fost adoptată, deoarece formele organizatorice ale gospodăririi și ale conducerii prin ministere și departamente specializate, existente pe atunci, s-au perimat și nu mai corespundeau nivelului și proporțiilor producției. Noile forme de conducere trebuiau să se întemeieze pe îmbinarea conducerii centralizate de stat cu lărgirea drepturilor organelor economice și sovietice republicane și locale.

Dezvoltarea economiei naționale este stabilită acum printr-un plan de stat unic, însă centrul de greutate al conducerii operative se transferă asupra consiliilor economice, organizate în principalele regiuni economico-administrative ale țării. În timpul care s-a scurs de la apariția acestei hotărîri și pînă în momentul cînd scriem aceste rînduri, adică în patru ani, noul sistem de organizare a conducerii economiei naționale s-a justificat pe deplin.

Dar în 1957, țara nu dispunea încă de mijloacele tehnice pentru schimbarea radicală a metodelor de conducere. Această posibilitate a apărut abia mai tîrziu. În prezent, se iau măsuri care să asigure pentru anii imediat următori utilizarea pe scară largă a calculatoarelor electronice moderne, precum și a altor mașini și mijloace pentru obținerea, prelucrarea și transmiterea informației; se elaborează și se introduc în producție mașini și sisteme de comandă și control pentru automatizarea proceselor de producție și pentru mecanizarea muncii inginerilor și a tehnicienilor, precum și a funcționarilor din administrație și conducere din diversele ramuri ale economiei naționale. Se elaborează noi tipuri de mașini și sisteme de calcul pentru analiza economică, planificare, statistică și evidență; se creează mașini modelatoare, dispozitive de punere în funcțiune și deconectare a calculatoarelor electronice.

Realizarea acestor dispozitive va schimba în mod radical, în viitorul apropiat, nivelul tehnic al mijloacelor și al sistemelor folosite pînă de curînd în organismele de producție, financiare, statistice, de planificare, de aprovizionare etc.

Tehnica modernă permite utilizarea mașinilor electronice pentru strîngerea, prelucrarea și conservarea unei informații vaste și foarte variate. Aceste mașini dispun de o „memorie" (exte-

rioară) cu capacitatea mergînd pînă la un miliard de simboluri binare și de o memorie operativă pînă la un milion de simboluri binare, ele sînt capabile să realizeze principiul unei căutări asociative, să asigure prelucrarea automată a fondurilor de informație științifică, de date statistice și din domeniul planificării economice. Există mașini electronice logice pentru rezolvarea problemelor variaționale și pentru alegerea rezultatelor celor mai avantajoase ale problemelor soluționate.

Prezintă un interes uriaș noile metode de codificare și de prelucrare automată a informației științifice, în scopul aflării automate a compușilor și a reacțiilor necesare, în informația acumulată după condiții dinainte stabilite [11].

În U.R.S.S. și în alte țări socialiste care dispun de posibilități corespunzătoare, se fac cercetări ample pentru elaborarea unor metode științifice de conducere a întreprinderilor și a instituțiilor, pentru crearea unor structuri-tip de conducere a întreprinderilor, a unor metode de normare a numărului funcționarilor, pentru elaborarea unor sisteme de conducere a întreprinderilor industriale, pe baza mecanizării și automatizării complexe a lucrărilor tehnico-inginerești, administrative și de conducere. Se acordă o atenție deosebită noilor posibilități de aplicare a metodelor matematice pentru aflarea soluțiilor optime în conducerea producției. La noi se lucrează mult asupra sistemelor de planificare de ansamblu și asupra sistemelor de dări de seamă pe baza prelucrării centralizate a informației venite de la întreprinderi și de la consiliile economice, utilizîndu-se în acest scop tehnica electronică de calcul.

Trebuie menționată activitatea folositoare depusă de economiștii și matematicienii noștri la Consfătuirea unională consacrată aplicării metodelor matematice în cercetările economice și în planificare, ținută în aprilie 1960 la Moscova, precum și la Consfătuirea unională asupra problemelor mecanizării muncii personalului tehnico-ingineresc și a aparatului administrativ și de conducere, care a avut loc la Moscova în iunie 1960.

Partidul Comunist și guvernul sovietic au manifestat totdeauna multă grijă pentru oamenii sovietici. Sînt unanim cunoscute realizările din domeniul prelungirii vieții omului, luptei împotriva bolilor grave, micșorării mortalității infantile, precum și pe

[11] Vezi G. E. Vlăduț, V. V. Nalimov, N. I. Teașkin, *Informația științifică și tehnică, una dintre sarcinile ciberneticii*, în „Uspehi fiziceskih nauk", vol. LXIX, fasc. 1, septembrie 1959.

linia creării unui întreg sistem de măsuri orientate spre păstrarea sănătății și asigurarea odihnei și a îngrijirii medicale a oamenilor muncii.

Astfel, noi măsuri de ocrotire a sănătății publice sînt prevăzute în hotărîrea specială a C.C. al P.C.U.S. și a Consiliului de Miniștri al U.R.S.S. din 14 aprilie 1960, *Despre măsurile pentru îmbunătățirea continuă a asistenței medicale și a ocrotirii sănătății populației țării*. În conformitate cu marile posibilități create în ultimul timp de știință și de tehnică, această hotărîre enumeră o mulțime de măsuri a căror realizare va permite să se folosească pe larg în instituțiile medicale realizările din domeniul construcției de aparate și ai electronicii. Se prevede înzestrarea instituțiilor terapeutico-profilactice cu aparataj medical modern, cu instrumente, lărgindu-se laboratoarele de diagnostic, radiologie, fizioterapie etc.

Volumul producției de medicamente, de mijloace tehnice medicale și de alte obiecte medicale va crește în 1965 de 3,5 ori în comparație cu anul 1958. Se prevede lărgirea producției și introducerea în fabricație a unor noi mijloace tehnice medicale, în care se aplică radioelectronica și fizica nucleară, mărirea producției de instrumente și aparate, printre care producția de tonocardiografe de 13 ori, de aparate de diagnostic radiologic cu transformatori electronooptici de 9 ori, de instalații cu raze gamma de 6 ori.

Se recomandă institutelor de cercetări să studieze problemele fundamentale ale teoriei medicinei (în domeniul fiziologiei, biochimiei, citologiei, virusologiei, imunologiei). Se prevede o lărgire considerabilă a lucrărilor de cercetare științifică, de proiectare și experimentare pentru crearea unor mijloace medicamentoase noi și eficiente, precum și a unor mijloace tehnice medicale pe baza folosirii realizărilor actuale ale biologiei, chimiei, fizicii nucleare, electronicii și ciberneticii.

Se acordă o atenție considerabilă elaborării unor mașini de diagnosticat speciale și a unor aparate pentru aprecierea exactă a variațiilor funcționale și morfologice din organism, pe baza celor mai recente realizări ale ciberneticii. Este în afară de orice îndoială că aceste mașini au un mare viitor. Medicii diagnosticieni vor căpăta posibilitatea de a stabili cauzele și natura maladiei prin analiza unor simptome care ar putea rămîne neobservate fără mașini electronice, asigurînd astfel punerea diagnosticului într-un stadiu mai timpuriu al maladiilor grave decît se face în prezent.

Toate aceste exemple arată că actualele metode matematice, logice şi radioelectronice, care deschid căi ample pentru dezvoltarea mijloacelor tehnice ale automaticii electronice, în particular pentru folosirea pe scară largă a maşinilor electronice, schimbă în mod radical situaţia din ştiinţă şi din tehnică.

Am socotit că este util să-i amintim cititorului faptele cele mai importante din istoria dezvoltării ştiinţei şi a tehnicii conducerii, începînd cu primele măsuri ale Puterii sovietice, luate sub îndrumarea marelui Lenin şi pînă la hotărîrile Consiliului de Miniştri al U.R.S.S. din anii 1959 şi 1960. Aceste exemple arată felul în care noile posibilităţi tehnice influenţează mijloacele şi metodele guvernării, conducerii, administrării. Acum trebuie să ne fie mai clar decît oricînd că, după cum scria Lenin în 1923, a conduce este o ştiinţă.

Este cazul aici să amintim şi scrisoarea adresată la 25 ianuarie 1894 de Engels lui G. Starkenburg: „Dacă, după cum spuneţi dv., tehnica depinde în cea mai mare parte de starea ştiinţei, apoi într-o şi mai mare măsură depinde aceasta de *starea* şi *necesităţile* tehnicii. Dacă societatea are o necesitate tehnică, ea împinge ştiinţa înainte, mai mult decît zece universităţi" [12].

Ştiinţă care se ocupă de principiile generale ale conducerii, de mijloacele tehnice corespunzătoare şi de utilizarea lor în tehnică, în societatea umană şi în organismele vii — cibernetica s-a constituit şi s-a dezvoltat ca răspuns la cerinţe concrete şi ca rezultat al realizărilor multor altor ştiinţe din epoca noastră.

Toate acestea trebuie avute în vedere cînd definim locul, importanţa şi perspectivele de viitor ale folosirii acestei ştiinţe în multe domenii unde ea nu a ocupat încă o poziţie trainică.

2. De la mecanizare la cibernetică

După cum se ştie, un lucrător care face o muncă fizică poate să dezvolte în decurs de 6—8 ore, o putere medie de 40—70 W; în intervale de timp mai scurte, el poate dezvolta o putere de 150—200 W. Conform normelor internaţionale, se consideră că un muncitor poate efectua în timpul unui an o muncă fizică de

[12] K. Marx — F. Engels, *Opere alese în două volume*, vol. II, p. 552.

150 kWh, astfel că, socotind 300 de zile lucrătoare pe an, el furnizează într-o zi un lucru de 500 Wh. Aceasta înseamnă că, în decurs de 8 ore, el trebuie să dezvolte o putere medie de 62,5 W, ceea ce corespunde la aproximativ 1/12 CP.

Să presupunem că într-o ţară există 25 milioane de muncitori ocupaţi cu munca fizică şi care dau indicii citaţi mai sus. Atunci, în timp de un an, ei ar putea efectua un lucru de 3,75 miliarde kWh. Dacă vom admite că pentru încălzirea pînă la 100°C a unui litru de apă trebuie cheltuiţi circa 0,13 kWh, atunci energia de 3,75 miliarde kWh ar fi suficientă pentru a face să fiarbă cîte 3,1 litri de om în fiecare 24 ore, şi, deoarece de fiecare muncitor revin în medie trei membri de familie şi el ar trebui să împartă 3 litri în patru părţi, ar reveni de fiecare om doar atîta energie cît este necesar pentru a face să fiarbă 3/4 litru de apă în 24 de ore... Evident, o astfel de ţară nu ar putea să existe în zilele noastre, dar aşa au stat lucrurile pe Pămînt timp de milenii.

Este interesant de relevat că, în prezent, se consideră că pentru acoperirea completă a nevoilor de trai, un om are nevoie anual de circa 4 800 kWh de energie (în echivalenţi electrici). Dintre aceştia, se consumă pentru încălzit, convertibili în energie electrică, circa 3 000 kWh, la încălzitul apei (spălatul vaselor şi al rufelor, igiena personală etc.) circa 1 300 kWh, la pregătirea hranei circa 300 kWh, iar pentru iluminat, aparate de radio, televizoare, frigidere şi alte aparate electrocasnice circa 200 kWh. Aceasta reprezintă aproximativ 13 kWh în 24 de ore de fiecare om.

Dacă vom compara această cifră cu cei 0,5 kWh pe care omul îi poate produce prin muncă fizică în 24 ore, diferenţa va fi considerabilă: omul are nevoie, numai pentru acoperirea necesităţilor sale de trai, de o cantitate de energie care întrece de 26 de ori posibilităţile sale fizice.

Desigur, calculul acesta este lipsit de precizie, dar el permite să ne facem o reprezentare cantitativă a ceea ce primim din partea tehnicii maşinizate contemporane, a măsurii în care ea măreşte posibilităţile satisfacerii nevoilor omului. Situaţia nu se schimbă, în fond, din cauza faptului că o mare parte a nevoilor noastre este acoperită cu ajutorul unor surse de energie neelectrice, cum ar fi lemnele, cărbunele, turba, gazele etc. Dacă ţinem seama de această particularitate, obţinem o cifră şi mai edificatoare, caracteristică pentru maşinizarea de la jumătatea secolului al XX-lea: în 1952, în bilanţul energetic mondial, energia elaborată prin forţa musculară a omului şi animalelor

reprezenta numai 1%, restul de 99% fiind obținute prin prelucrarea huilei, a cărbunelui brun și a lignitelor (45,9%), a petrolului și a gazelor naturale (35,8%), a energiei hidraulice (1,4%), a combustibililor lemnoși (15,9%) [13]. Această energie trebuie obținută și prelucrată, dar totodată trebuie să și dirijăm respectivele procese, precum și distribuția și consumul ei.

Cînd, acum vreo 30 000 de ani, omul a învățat să obțină și să întrețină focul, iar ulterior s-a adaptat să utilizeze izvoarele de energie naturale — apa și vîntul —, situația a început să se schimbe; dar, abia o dată cu utilizarea aburului, iar ulterior a gazelor și a electricității a început era mecanizării. Prin termenul de mecanizare înțelegem, de obicei, înlocuirea muncii omului prin funcționarea unor mașini care efectuează un lucru mecanic. Dar nici o mașină nu poate funcționa fără un izvor de energie exterior. De aceea, trebuie să considerăm ca fiind mecanizate procesele în care munca manuală a omului este înlocuită prin funcționarea unor mașini sau mecanisme cărora li se comunică energie de la o sursă specială.

Mecanizarea poate fi parțială sau totală, adică complexă. Mecanizarea se numește parțială dacă sînt mecanizate numai operațiile de producție principale. Mecanizarea complexă a căpătat o definiție amplă în lucrările lui K. Marx [14]. În condițiile mecanizării, muncitorul este scutit de munca fizică grea, iar activitatea sa se reduce la comanda și controlul funcționării mașinilor. Firește, rolul muncitorului care comandă și controlează mașini puternice, care efectuează pentru el un lucru mecanic, se deosebește radical de rolul său în etapele inițiale ale dezvoltării producției, cînd el dispunea numai de dispozitive și de mijloace de muncă elementare și cînd nu existau izvoare de energie care să depășească în mod considerabil propriile sale posibilități fizice. Dacă folosim datele publicate în anuarele și culegerile statistice editate de Direcția Centrală de Statistică, putem calcula cu o oarecare aproximație efectul pe care îl dă mecanizarea industriei în condițiile noastre. În culegerea statistică „Industria U.R.S.S.", publicată în 1956, se arată că numărul mediu de muncitori în industrie a fost în 1955 de circa 14 milioane. Să admitem că aproximativ 50% dintre acești muncitori făceau o muncă fizică nemecanizată (mai ales lucrări

[13] Vezi „Materiali Mejdunarodnoi konferenții po mirnomu ispolzovaniiu atomnoi energii, sostoiavșeisia v Jeneve, 8—20 avgusta 1955".

[14] Vezi K. Marx, *Capitalul*, vol. I, Editura Politică, București, 1960, pp. 395—396.

de încărcare-descărcare și alte lucrări ajutătoare) și 50%, adică 7 milioane, lucru într-o producție mecanizată. Dacă vom socoti că, lucrînd manual, un muncitor elabora 150 kWh pe an, atunci cei 7 milioane de muncitori din această categorie dădeau aproximativ 1 miliard kWh. Probabil că acest număr ar mai trebui micșorat, dacă am ține seama de timpi morți, îmbolnăviri și alți factori. În aceeași culegere, se spune că pentru forță motrice și pentru nevoile tehnologice ale industriei s-au consumat în 1955 circa 100 miliarde de kWh. Consumul acestei energii era comandat și controlat de cei 50% de muncitori ocupați în producția mecanizată, adică tot de 7 milioane oameni. Așadar, vedem că în 1955, în industria U.R.S.S., fiecare muncitor care lucra într-o producție mecanizată elabora de 100 ori mai mult decît fiecare muncitor care efectua o muncă nemecanizată. Probabil că aceste cifre ar necesita o oarecare corecție, să zicem de 10—15% într-un sens sau în celălalt, dar concluzia fundamentală va rămîne totuși valabilă: în 1955, în U.R.S.S. munca mecanizată dădea un efect de 100 de ori mai mare decît cea nemecanizată. În condițiile unei înzestrări energetice mai înalte a industriei și aplicînd comanda și controlul automat al unor procese tehnologice de mare eficacitate, aceste cifre vor crește considerabil în anii următori.

Este interesant de menționat încă un fapt extrem de important. Potrivit datelor culegerii statistice de mai sus și ale Anuarului statistic „Economia națională a U.R.S.S. în anul 1959" se poate calcula că, într-o perioadă de 10 ani — 1948—1958 —, producția globală a industriei a crescut de aproximativ 3,65 ori, în timp ce numărul de muncitori ocupați în industrie a crescut de numai 1,63 ori. Evident, această mărire considerabilă a productivității se datorește înzestrării energetice mărite a industriei, unei mai bune organizări a muncii, introducerii unei tehnologii perfecționate și mecanizării, iar într-o anumită măsură, automatizării producției. Factorul hotărîtor a fost, desigur, creșterea mecanizării, legată de un nivel mai înalt al înzestrării energetice a industriei în 1958 față de 1948.

Pe măsura complicării activității economice, de producție și comerciale a oamenilor, numărul lucrătorilor de birou din aparatul administrativ și de conducere a crescut repede. Conform unor date americane, în firmele mari ritmul de creștere a personalului economic și de conducere a depășit considerabil ritmul de creștere a numărului de muncitori.

După datele publicate în cartea *Automatizarea și modificarea tehnologiei* [15], care este traducerea unui raport al subcomitetului pentru stabilizarea economică din Congresul S.U.A. (octombrie 1955), reiese că, în perioada 1947—1955, numărul de muncitori productivi în industria electrotehnică a crescut cu 20%, în timp ce producția s-a mărit cu 87% (acesta este indicele sporului productivității muncii), iar numărul de lucrători „neproductivi" a crescut cu 40%.

La sfîrșitul secolului trecut s-au desfășurat pe scară largă lucrări pentru aplicarea mecanizării în domeniul muncii intelectuale, al muncii de conducere, în înțelesul larg al cuvîntului. În primul rînd, era vorba despre lucrările de calcul. Au apărut mașini mecanice, iar apoi electromecanice, de calcul și de contabilitate. Introducerea largă în practică a așa-numitelor mașini mici de calcul, la care am asistat în ultimii ani, a permis nu numai o mărire considerabilă a productivității lucrătorilor de la calculație, ci și o îmbunătățire considerabilă a calității muncii lor.

În prezent, în U.R.S.S. se ocupă de lucrări de contabilitate aproximativ 1 700 000 de oameni.

În U.R.S.S. se ocupă de aprovizionarea tehnico-materială peste un milion de oameni. În total, în aparatul administrativ-economic sînt ocupați, în U.R.S.S., aproximativ 6 milioane de oameni [16].

Am citat aceste exemple pentru a arăta volumul de muncă ce se consumă pentru conducerea și administrarea economiei naționale în condițiile aplicării cu totul insuficiente a mijloacelor de mecanizare a muncii intelectuale. După cum s-a menționat mai sus, de pe acum se iau măsuri pentru mecanizarea continuă a acestei munci. A ajuns la ordinea zilei problema automatizării ei. Acesta este unicul procedeu real pentru rezolvarea sarcinii de a elibera un mare număr de funcționari ocupați cu o muncă de calcul monotonă și de a-i trece într-o muncă mai productivă.

Curînd după începerea utilizării practice a mașinilor cu abur, a ieșit la iveală necesitatea de a raționaliza și ușura munca muncitorului care supraveghea funcționarea lor: el era nevoit, pe măsură ce varia solicitarea, sau din cauza inconstanței presiunii aburului, să regleze funcționarea lor. Acest reglaj consta

[15] Vezi *Avtomatizațiia i izmenenie tehnologhii*, M., 1958, p. 237.

[16] Vezi „Narodnoe hozeaistvo SSSR v 1959 godu. Statisticeski ejegodnik", Gosstatizdat, M., 1960, p. 595.

inițial în menținerea unei turații constante a mașinii cu abur sau în conservarea nivelului constant al apei și al presiunii aburului în cazan. Așadar, reglajul cel mai simplu se reducea la rezolvarea unei probleme de stabilizare a mărimii reglate, în conformitate cu o valoare dinainte dată.

Ulterior, au fost elaborate măsuri pentru variația forțată, în conformitate cu un program, a mărimii reglate, în funcție de timp.

În sfîrșit, au fost create metode automate complexe și mijloace care rezolvă problema reglajului automat. În *Capitalul*, K. Marx dă următoarea definiție a unei întreprinderi automatizate: „Din moment ce mașina de lucru efectuează fără ajutorul omului toate mișcările necesare pentru prelucrarea materiei prime și nu mai are nevoie decît de o intervenție suplimentară a omului, avem un sistem *automat* de mașini, care e totuși susceptibil de o continuă perfecționare în detaliu" [17].

În conformitate cu nivelul științei și al tehnicii din secolul trecut și de la începutul secolului nostru, regulatoarele automate au funcționat pe baza unor principii mecanice, pneumatice, hidraulice și electromecanice. Firește că regulatoarelor automate li se cerea o mare siguranță de funcționare. Aproape niciodată nu era nevoie de o acțiune foarte rapidă: problema se rezolva în secunde și în fracțiuni de secundă. În aceste condiții, regulatoarele automate menționate mai sus, care prin natura lor au inerție mare, funcționau satisfăcător și corespundeau pe deplin destinației lor. Am putea cita o mulțime de exemple de funcționare foarte bună — în conformitate cu exigențele de reglare — a aparatelor, a mijloacelor și a sistemelor de tipul menționat mai sus. Multe dintre ele funcționau ireproșabil ani de-a rîndul, fără a necesita aproape nici un fel de îngrijire. Foarte multe dintre ele mai funcționează și în prezent, și nu avem nici un fel de motive să renunțăm la ele sau la principiile lor de funcționare.

Dar toate aceste dispozitive (pneumatice, hidraulice și mecanice) au deficiențe care le fac prea puțin adecvate pentru rezolvarea sarcinii reglajului unor mărimi cu variație rapidă; unele dintre ele, care necesită utilizarea unor conducte de lungime mare, sînt incomode. Este întotdeauna mai ușor să se tragă fire electrice, chiar cabluri subterane și subacvatice, decît să se tragă conducte de semnalizare la mari distanțe.

[17] K. Marx, *Capitalul*, vol. I, p. 396.

Intre anii 1920—1930, au început să capete o largă aplicare tuburile electronice, întîi pentru amplificarea semnalelor slabe, mai tîrziu pentru redresarea tensiunii alternative şi, în sfîrşit, pentru generarea unor oscilaţii electromagnetice neamortizate, de cele mai diverse frecvenţe şi intensităţi. Datorită dimensiunilor şi greutăţii lor mici, datorită înaltei lor sensibilităţi, capacităţii de a genera şi de a amplifica semnale practic de orice formă şi frecvenţă, precum şi de orice natură fizică (după o prelucrare), tuburile electronice au însemnat o adevărată revoluţie în radiotehnică. A început era radiocomunicaţiilor bazate pe oscilaţiile electromagnetice de cele mai diferite lungimi de undă, de la cele scurte — pentru comunicaţii la mari distanţe (lungimi de undă de ordinul a 15—60 m) — şi pînă la cele mai lungi, pentru asigurarea radiocomunicaţiilor cu obiecte aflate sub apă. A început aplicarea pe scară largă a metodei comenzii la distanţă (telemecanica) şi a măsurării la distanţă (telemetria) şi, bineînţeles, a reglajului în aceste condiţii. Acţionarea electrică automatizată a devenit stăpînul principal şi necontestat în toate domeniile de aplicare a energiei electrice şi pretutindeni — în industrie, în transporturi şi în sistemele de telecomunicaţii — unde era nevoie de comandă (inclusiv de reglaj) la distanţă, de acţiune rapidă şi de un regim suplu. Baza acţionării electrice automatizate o formează, alături de electromotoare, aparatele electronice şi cele ionice de cele mai variate tipuri.

Tuburile electronice, care au apărut în radiotehnică, au cucerit un loc temeinic în industrie, în transporturi şi în toate domeniile activităţii omului care necesită culegere, transmitere, conservare şi furnizare de informaţie.

Era dominaţiei absolute a tuburilor electronice a durat 30 de ani, din 1920 pînă în 1950. In 1922 au fost construite în S.U.A. aproximativ un milion de tuburi electronice, în 1930— 52 milioane, în 1940 — 115 milioane, iar în 1950 — aproximativ 400 milioane. Industria electronică, prea puţin afectată de crize şi puternic stimulată în anii de război, a devenit una dintre cele mai importante din S.U.A. sub raportul investiţiilor şi al potenţialelor de producţie.

La sfîrşitul anilor 40, apare un rival al dispozitivelor electronice cu vid : cristalele semiconductoare de germaniu şi de siliciu. In cei 10 ani ai dezvoltării lor şi ai dezvoltării producţiei lor industriale, dispozitivele semiconductoare şi-au depăşit în multe privinţe predecesorii, iar înaintarea lor victorioasă continuă şi astăzi. Ele îşi găsesc o aplicare practică aproape în toate

domeniile în care se folosesc tuburile electronice, precum şi în multe domenii noi, în care tuburile electronice au încetat să mai fie folosite din cauza duratei lor de funcţionare scurte şi din cauza fragilităţii lor.

Se poate considera că aproximativ în preajma anului 1955, omenirea a intrat în era radioelectronicii, deoarece utilizarea pe scară largă a dispozitivelor electronice (cu vid, cu gaz şi semiconductoare) a schimbat fundamental întreaga situaţie de pe planeta noastră.

In 1959, în S.U.A. au fost produse 450—500 milioane de dispozitive electronice cu vid şi cu gaz, în valoare de circa 800 milioane de dolari şi s-au fabricat aproximativ 200—250 milioane dispozitive semiconductoare în valoare de circa 400 milioane de dolari. U.R.S.S. nu a atins încă un astfel de nivel al producţiei ; de altfel, s-ar putea nici să nu avem nevoie de aşa ceva, dar este cazul să menţionăm că, în 1959, au fost produse în ţara noastră 119 milioane de dispozitive electronice cu vid şi cîteva zeci de milioane de semiconductori. Industria radioelectronică se dezvoltă la noi într-un ritm considerabil mai rapid decît toate celelalte ramuri industriale, care şi ele se dezvoltă repede : între 1945—1960, adică în 15 ani, producţia industriei radioelectronice s-a mărit de cîteva zeci de ori.

Deşi posibilităţile dezvăluite de radioelectronică în calitatea ei de cel mai eficace mijloc pentru propagarea informaţiei în toate ramurile de activitate ale omului — în ştiinţă, în producţie, în transporturi, în telecomunicaţii şi în tehnica militară — sînt în adevăr uimitoare, influenţa ei asupra tehnicii de calcul şi asupra tehnicii comenzii şi controlului este şi mai importantă.

Elaborarea construcţiilor de maşini de calcul are un istoric bine studiat. Părintele maşinilor matematice electronice este savantul american Vannevar Bush. Vom cita o părere exprimată de el, care prezintă un interes deosebit. La 28 septembrie 1955, în faţa unei comisii a senatului S.U.A. (comisia senatului pentru cercetarea efectelor sociale ale automatizării) el a făcut următoarea declaraţie :

„In urmă cu vreo sută de ani, Charles Babedge a încercat să confecţioneze o maşină de calcul foarte perfecţionată. El era stăpîn pe multe dintre ideile care sînt realizate în maşinile actuale de acest tip şi era extrem de talentat. Mai mult, de obicei, el se bucura de spirjin în investigaţiile sale, ceea ce era ceva ieşit din comun pe vremea aceea. Totuşi, el a suferit un eşec total, reuşind să creeze doar o grămadă de fier vechi şi cîteva

piese de muzeu". Trecînd la cauzele succeselor ulterioare, înregistrate de el și de alții în crearea calculatoarelor electronice discrete contemporane, V. Bush a arătat că, pe timpul lui Babedge, nu se putea construi o mașină matematică, deoarece părțile ei componente erau nesigure, pe cînd în zilele noastre acest lucru este posibil, deoarece „diversele elemente de construcție au devenit relativ sigure... O calculatoare actuală este incomparabil mai complexă decît tot ce ar fi putut să-și imagineze generația precedentă. Totodată, ea trebuie să lucreze zi de zi cu timpi morți relativ puțini. Desigur, există idei noi, care urmează să fie realizate, dar există și dispozitive noi și foarte sigure, care pot fi utilizate. Principalul este că am reușit să îndeplinim cu toată corectitudinea aceste operații complicate...".

Funcționarea fără inerție și înalta sensibilitate a tuburilor electronice și a aparatelor semiconductoare au permis să se mărească foarte mult rapiditatea și precizia funcționării mașinilor de calcul. Un factor important este și siguranța funcționării lor. În cazul unei funcționări nesigure a telegrafului sau a telefonului, bunăoară, un mesaj important poate fi repetat de cîteva ori pînă cînd va fi înțeles în mod adecvat. Mașinile electronice utilizate pentru comanda și controlul proceselor de producție au o situație cu totul diferită. Funcționarea lor nesigură poate face ca un ordin de comandă și control transmis greșit să nu mai aibă pentru ce să fie repetat... Siguranța funcționării organelor în organismele vii, în particular a sistemului nervos și a creierului constituie, deocamdată, un ideal absolut inaccesibil pentru constructorii de mașini electronice.

Uriașele viteze de funcționare, volumul mare al memoriei și marea siguranță de funcționare au deschis noi posibilități în fața mijloacelor tehnice de calcul. Acum au devenit accesibile calcule și cercetări care erau considerate înainte irealizabile din cauza lipsei mijloacelor tehnice necesare pentru pătrunderea în procese și fenomene complicate ale naturii.

Așadar, automatica electronică a început să se răspîndească în toate domeniile de activitate umană, mărindu-i eficiența. Firește, automatizarea comenzii și controlului proceselor de producție mecanizate și electrificate are o importanță uriașă. Va crește considerabil productivitatea muncii și se vor îmbunătăți condițiile ei, se vor micșora cheltuielile de muncă socială pentru producția unei unități de fabricat, sau se va îmbunătăți calitatea producției obținute în unitatea de timp.

Trebuie să recunoaștem însă că mărirea productivității muncii intelectuale are o importanță incomparabil mai mare. Automatica electronică, care constituie baza mașinilor electronice de calcul și comandă, a permis ca această sarcină să fie îndeplinită.

Dezvoltarea sub toate aspectele a tehnicii noi și introducerea ei în producție pe baza utilizării tuturor cuceririlor și realizărilor cunoașterii umane, capătă o deosebită importanță pentru U.R.S.S. în actualul septenal. În această etapă a întrecerii economice dintre U.R.S.S. și S.U.A., se va decide cînd anume vom ajunge din urmă și vom întrece capitalismul, iar victoria o vom cîștiga cu atît mai repede cu cît vom folosi mai bine și mai complet toate posibilitățile tehnicii moderne.

Numai pe baza progresului științific și tehnic continuu și prin creșterea corespunzătoare a nivelului cultural și tehnic al clasei muncitoare, vom putea ajunge la o productivitate a muncii mai mare decît în capitalism, ceea ce va asigura abundența de bunuri materiale și deci posibilitatea trecerii de la socialism la comunism. Iată de ce, problemele progresului tehnic se pun acum pe primul plan și au constituit obiectul unei discuții speciale la Plenara din iunie 1959 a C.C. al P.C.U.S. și la Plenara din iulie 1960.

Mecanizarea și automatizarea complexă a proceselor de producție constituie cheia pentru rezolvarea problemelor fundamentale legate de dezvoltarea viitoare a economiei țării, de îndeplinirea sarcinilor planului septenal: cîștigul de timp maxim în întrecerea cu capitalismul, avîntul puternic al producției, creșterea productivității muncii și ridicarea nivelului de trai al poporului, reducerea zilei de lucru, ușurarea condițiilor de muncă. Numai în condițiile introducerii mecanizării și automatizării complexe este posibilă dezvoltarea celor mai înaintate procese tehnologice care implică utilizarea celor mai recente realizări din domeniul chimiei, fizicii, electronicii, energeticii nucleare, tensiunilor și puterilor înalte, vitezelor mari și acțiunilor rapide, preciziei deosebite a muncii. În multe cazuri, realizarea unor indici de producție înalți este incompatibilă cu participarea directă a omului, mai cu seamă în ramurile cu condiții de muncă dăunătoare și periculoase pentru sănătatea lui.

În cadrul realizării lucrărilor de mecanizare și automatizare complexă a proceselor de producție, trebuie să se țină seama și de aspectul organizatoric. În multe cazuri, prin îmbunătățirea organizării muncii se pot înregistra succese uriașe. Tehnica ne ajută în cazul în care introducerea ei este însoțită de o îmbună-

tățire a organizării producției și de o perfecționare a procesului tehnologic. În condițiile unei bune organizări a muncii și atunci cînd se folosește o tehnologie înaintată, automatizarea poate să dea un efect imens.

Dar tocmai acum, cînd știința și tehnica ne-au permis să mărim considerabil eficiența comenzii și controlului, datorită introducerii pe scară largă a noilor mijloace de automatică electronică, întreaga situație se schimbă radical. Era un timp cînd lipsa de mijloace tehnice frîna dezvoltarea și îmbunătățirea calității comenzii și controlului. În prezent, aceste mijloace există, astfel că problema centrală devine aceea a utilizării lor cît mai raționale pentru îmbunătățirea calității comenzii și controlului. Acesta este motivul pentru care, în zilele noastre, cibernetica — noua știință care se ocupă de conducerea proceselor complexe — capătă o deosebită importanță.

Se consideră, în mod obișnuit, că întemeietorul ciberneticii este matematicianul american Norbert Wiener. În Introducerea la cartea sa *Cibernetica*, publicată în Statele Unite în 1948, Wiener scrie că el a început să se ocupe de problemele comenzii și controlului automat cu aplicarea „conexiunii inverse" pentru a rezolva probleme ale dirijării tirului artileriei antiaeriene. Aceste lucrări datează, pare-se, din primii ani de după 1940.

Citirea cărții lui Wiener poate da impresia că, pe vremea aceea, dată fiind necesitatea de a intensifica lupta împotriva aviației de bombardament germane, care făcea incursiuni încununate de succes împotriva Angliei, problema creării unor aparate pentru dirijarea tirului artileriei antiaeriene s-ar fi pus atunci pentru prima dată. În realitate însă, în toate armatele terestre și în toate marinele militare erau utilizate, cu mult înainte, tot felul de aparate pentru dirijarea tirului, care țineau seama de eficiența tragerilor anterioare și de probabilitatea manevrelor inamicului, în soluția problemelor de orientare a aparatelor de ochire optice și de stabilire a poziției pieselor de artilerie pentru tragerile ulterioare, adică ele aplicau principiul „conexiunii inverse". Astfel, în timpul bătăliei din Yutlanda, care a avut loc la 31 mai 1916, germanii și englezii au folosit aparate foarte perfecționate pentru dirijarea tirului artileriei navale.

În 1920 a fost publicată în Germania cartea lui Haase, fostul comandant al artileriei de pe crucișătorul german „Dörflinger", în care este descris episodul scufundării crucișătorului englez „Queen Mary". Dirijînd din turela de luptă de la prova focul

artileriei de mare calibru (opt piese de cîte 12 țoli, dispuse în patru turele de cîte două piese), cu ajutorul unor aparate de ochire centrală, șeful artileriei de pe „Dörflinger" a deschis focul împotriva crucișătorului englez „Queen Mary" la 6 h 17 min p.m. în ziua de 31 mai, de la distanța de 13 km. Salvele s-au succedat din 20 în 20 s. Pe baza observării locului unde cădeau proiectilele, erau introduse automat corecții în îndreptarea tunurilor. Începînd de la 6 h 24 min, fiecare salvă a dat lovituri în plin, iar la 6 h 26 min, crucișătorul „Queen Mary" a sărit în aer, scufundîndu-se împreună cu echipajul său de 1 400 oameni.

La 25 de ani după bătălia din strîmtoarea Yutlanda, la începutul celui de-al doilea război mondial, cînd pe bastimentele militare începuseră să fie folosite aparate radar, a avut loc o luptă între nava de linie germană „Fürst Bismarck" și crucișătorul englez „Hood" (la 24 mai 1941, la est de Groenlanda). Pe ambele vase erau instalate aparate de comandă centralizată și de ochire automată, foarte perfecționate. De la distanța de 24 km, nava de linie germană a reușit repede să-și atingă ținta. La 5 h 54 min, „Fürst Bismarck" a înregistrat prima lovitură în plin, iar la 6 h 00 min, crucișătorul englez a sărit în aer, ceea ce a dus la pieirea a aproape întregului echipaj.

Aceasta s-a putut întîmpla numai pentru că pe vasele de război se foloseau aparate foarte perfecționate pentru dirijarea focului și pentru orientarea turelelor de artilerie, bineînțeles cu cea mai largă aplicare a principiilor „conexiunii inverse" despre care scrie Wiener.

Imediat după 1940, în întreaga artilerie și în particular în artileria antiaeriană s-a produs trecerea de la mijloacele vechi (acustice și optice) de culegere a informației asupra inamicului, la mijloacele noi, bazate pe principiul radarului.

Raza de acțiune insuficientă, lipsa de precizie și încetineala strîngerii informației cu ajutorul mijloacelor aeroacustice precum și dependența ei de transparența atmosferei în cazul mijloacelor optice au discreditat total în acel moment vechile mijloace de culegere a informației (de observație), în condițiile în care viteza de zbor a avioanelor creștea mereu. Specificul situației de după 1940 nu a constat în faptul că au început să fie aplicate principiile „conexiunii inverse" la dirijarea focului asupra unei ținte mobile (aceste principii erau aplicate pretutindeni de multe zeci de ani), ci în apariția unor noi și puternice mijloace precise de observație prin radar și de orientare a pieselor de artilerie asupra inamicului cu ajutorul acestor mijloace.

Tot atît de important a fost și faptul că, tocmai în acel timp, în primii ani de după 1940, au fost elaborate în Statele Unite ale Americii primele calculatoare electronice (ceea ce a fost, în primul rînd, meritul doctorului Vannevar Bush). Aceasta a permis să se treacă la elaborarea unor aparate de comandă centrală a tirului de artilerie pe baza principiilor electronicii, care au înlocuit aparatele de tip mecanic și electromecanic, utilizate anterior.

Așadar, aplicarea pe scară largă a realizărilor radiotehnicii și ale electronicii, precum și ale automaticii electronice a fost cea care a determinat marile progrese în domeniul utilizării armamentului, la care se referă Wiener. Marele său merit nu constă numai în rezolvarea a numeroase probleme matematice și logice concrete, ci și în faptul că el a știut să vadă ceea ce este comun în toate procesele de comandă și control care au loc atît în tehnică, cît și în organismele vii și în societate. Aceasta l-a condus pe Wiener să propună crearea unei științe noi, căreia i-a dat numele de cibernetică.

Au trecut peste zece ani de la publicarea primei cărți a lui Wiener. In acest timp, cibernetica și-a cîștigat o recunoaștere unanimă și a ajuns la o răspîndire generală. Acum este mai ușor să enunțăm posibilitățile și sarcinile ei decît era în urmă cu cîțiva ani. Cibernetica este știința comenzii și controlului sistemelor dinamice complexe. Termenul „complexitate" este folosit aici ca o categorie filozofică. Sistemele dinamice din producție din natură și din societatea umană sînt sisteme capabile să se dezvolte, să-și modifice starea. Sistemele dinamice complexe sînt formate dintr-o mulțime de sisteme elementare sau simple, sau dintr-o mulțime de elemente, care sînt în interdependență și în interacțiune.

Starea unui sistem dinamic complex este caracterizată prin cunoașterea parametrilor (sau coordonatelor) elementelor sale componente și a derivatelor lor. Dacă toate derivatele sînt nule, sistemul dinamic se află în stare de repaus, în stare statică. Acționînd asupra acestor parametri (coordonate) sau asupra derivatelor lor, trecem sistemul dintr-o stare într-o nouă stare. Trecerea sistemului dintr-o stare în alta se numește proces. Acționarea asupra parametrilor sistemului este tocmai ceea ce se numește comandă (dirijare).

Așadar, cibernetica studiază procesele care au loc în sistemele dinamice complexe, la comanda acestora. Comanda trebuie întotdeauna să fie orientată spre un scop precis. Sarcina (scopul)

fie se fixează la începutul comenzii, fie se elaborează în procesul acesteia. Cibernetica cercetează ce anume trebuie să întreprindem pentru a trece un sistem într-o nouă stare; ea studiază, de asemenea, problema celui mai avantajos mod de a realiza aceasta.

Procesul complex al comenzii se descompune în diverse operații de comandă, efectuate într-o anumită succesiune sau într-o anumită îmbinare. După cum se știe, în industrie se cheamă operație de producție o parte a procesului tehnologic de prelucrare a materiei prime sau a unui semifabricat, executată de un singur om sau de un grup de oameni din același loc de muncă. Dar și în ansamblul societății umane, indivizii sau grupurile de indivizi execută diverse acțiuni îndreptate spre un scop și subordonate unui plan unitar. Putem cita o mulțime de acțiuni sau operații de acest tel: operațiile de credit, de transport, financiare, militare, de asigurări etc. Ele pot fi simple și complexe, independente una de alta sau interdependente.

Așadar, putem considera că sarcina ciberneticii constă în studiul proceselor sau al operațiilor de comandă a sistemelor dinamice complexe cu scopul de a mări eficiența activității omului. Orice secție industrială, orice uzină sau orice altă întreprindere productivă reprezintă un sistem dinamic complex. Intreaga gospodărie a căilor ferate sau a oricărui alt gen de transport constituie un sistem dinamic complex. Banca de Stat, Ministerul Finanțelor, Comisia planului de stat, Regiunea economică, Serviciul hidrometeorologic etc. sînt, și ele, exemple de sisteme dinamice complexe. Activitatea acestor organizații nu poate fi oprită pentru un termen mai îndelungat. Toate funcționează și sînt conduse în vederea unui scop determinat și dau cutare sau cutare efect pozitiv, în funcție de numeroase cauze, în particular în funcție de calitatea conducerii lor. Organismul viu este un sistem dinamic complex, format din numeroase sisteme specializate și mai simplu, interdependente și aflate într-o permanentă interacțiune.

Trebuie să relevăm în mod deosebit că nu are nici un sens să vorbim despre cibernetică în legătură cu conducerea unor procese sau operații simple, elementare. Metodele și mijloacele ciberneticii trebuie aplicate numai atunci cînd, din cauza limitării posibilităților sale biologice și fiziologice, omul nu este în stare să conducă procese complexe.

Pentru comanda sistemelor dinamice, trebuie îndeplinite totdeauna și în toate cazurile următoarele operații: să se strîngă

informaţie despre procesul, fenomenul sau despre starea sistemului comandat; să se transmită această informaţie, prin canalele de comunicaţie, la locul unde urmează să fie prelucrată; să se realizeze prelucrarea acestei informaţii cu scopul elaborării unor ordine de comandă şi control; să se realizeze ordinele de comandă şi control, adică să se transmită organelor efectoare informaţia care conţine ordinele şi, în sfîrşit, să se înfăptuiască acţiunile şi controlul care le corespund.

Este raţional să împărţim cibernetica în trei capitole principale: cea teoretică, cea tehnică şi cea aplicată. Această clasificare nu este forţată sau artificială. Ea este unanim acceptată pentru numeroase ştiinţe, de exemplu pentru astronomie. Există, bunăoară, astronomia teoretică, un fel de mecanică cerească teoretică; cosmologia şi cosmogonia, adică ştiinţele care studiază structura şi evoluţia Universului şi care sînt ştiinţe teoretice şi filozofice. Astronomia tehnică sau instrumentală se ocupă de studiul şi de elaborarea mijloacelor şi instrumentelor tehnice utilizate în observaţii. Astronomia aplicată este ştiinţa utilizării metodelor şi a instrumentelor astronomice în vederea diverselor scopuri practice; pentru determinarea poziţiei unei nave pe mare avem astronomia navigaţiei maritime, iar a poziţiei unui avion în aer, astronomia navigaţiei aeriene; pentru determinarea coordonatelor punctelor de pe suprafaţa terestră avem astronomia geodezică etc.

Cibernetica teoretică, sau abstractă, se ocupă de cercetarea problemelor filozofice ale ciberneticii, precum şi de problemele matematice şi logice ale comenzii şi controlului. Cibernetica tehnică are a face cu mijloacele şi cu sistemele de mijloace tehnice concrete care constituie sistemele sau dispozitivele de comandă şi control (de exemplu, mijloacele de automatică elementară, în particular maşinile electronice utilizate în comandă şi control).

Cibernetica aplicată se ocupă de folosirea fundamentelor teoretice ale ciberneticii şi a mijloacelor ei tehnice în rezolvarea sarcinilor de comandă şi control în diversele domenii ale activităţii omului.

Desigur, această clasificare este întrucîtva convenţională, şi nu există hotare nete între cele trei domenii enumerate mai sus; totuşi, există o deosebire între conţinutul fundamental al diverselor grupuri de probleme care formează tematica ciberneticii. Trebuie să ţinem seama, incontestabil, de faptul că în cibernetica teoretică întîlnim anumite probleme practice particulare; în

cibernetica tehnică şi în cea aplicată există chestiuni şi probleme teoretice speciale şi specifice. Aceasta este soarta oricărei clasificări, ea nu poate decît să dea o caracterizare în linii mari, să dezvăluie conţinutul fundamental al unei anumite direcţii, pe cînd hotarele dintre domeniile învecinate rămîn întotdeauna întrucîtva flue. Este cît se poate de natural ca în fiecare dintre domeniile aplicării ciberneticii să existe probleme filozofice specifice, proprii.

După cum se întîmplă cîteodată, idei, sinteze şi generalizări pe deplin raţionale şi progresiste, conţinute în lucrările de cibernetică, sînt prezentate uneori de pe poziţii ideologice lipsite de claritate, contradictorii şi adesea greşite. Or, numeroase probleme ştiinţifice, dezvoltate cu mult succes de savanţii occidentali, sînt întemeiate pe o metodologie total inacceptabilă pentru noi. Totuşi, noi folosim toate realizările progresiste şi valoroase ale ştiinţei, elaborate dincolo de hotarele ţărilor lagărului socialist.

Sarcina oamenilor de ştiinţă sovietici constă în a crea o şcoală sovietică de cibernetică, bazată pe materialismul dialectic, pentru a pune realizările şi posibilităţile ei în slujba poporului sovietic, care construieşte comunismul.

În acest scop, Prezidiul Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. a înfiinţat, la 10 aprilie 1959, Consiliul ştiinţific de cibernetică. Din Consiliul ştiinţific de cibernetică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. fac parte savanţi care se interesează de dezvoltarea şi de utilizarea practică a acestui nou domeniu ştiinţific şi care lucrează în această direcţie, precum şi mai mulţi ingineri, economişti, biologi, lingvişti, proiectanţi şi lucrători din diverse ramuri ale economiei naţionale.

În prezent a fost încheiată întocmirea listelor de programe pentru toate secţiile şi se elaborează planurile lor de activitate pentru anii imediat următori. Trebuie menţionat că lucrările teoretice şi tehnice din domeniul ciberneticii se desfăşoară larg în toată ţara, în mai multe filiale ale Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., în academiile republicane, în institutele de cercetări şi în instituţiile de învăţămînt din numeroase oraşe.

Consiliul ştiinţific de cibernetică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. are de îndeplinit o muncă importantă în domeniul coordonării activităţii numeroaselor organizaţii din U.R.S.S. care lucrează în această ramură.

3. Despre unele probleme filozofice ale ciberneticii

În literatura mondială există o mulțime de lucrări consacrate problemelor filozofice ale ciberneticii. Filozofii sovietici le acordă și ei atenție, dar pînă în prezent mai rămîn numeroase probleme controversate care se cer aprofundate și explicate.

Autorul articolului de față nu este filozof și nu are cîtuși de puțin pretenția de a rezolva problemele controversate. Dar în activitatea sa științifică și practică, el s-a ciocnit zilnic de ele. Apoi, poate că pentru unii filozofi va fi interesant să cunoască punctul de vedere al unui nefilozof într-o seamă de probleme controversate. În sfîrșit, autorul crede că există anumite probleme generale în care nu s-a exprimat încă un punct de vedere clar în literatura filozofică sovietică.

Călăuzindu-se după aceste considerente, autorul are îndrăzneala de a încerca să expună în cîteva pagini concepțiile sale asupra unora dintre problemele controversate ale ciberneticii.

În cadrul realizării directivelor partidului comunist și ale guvernului sovietic cu privire la sporirea ritmului în care se introduce tehnica nouă în economia națională este necesar, firește, să întreprindem critica conservatorilor și a birocraților, precum și, într-o măsură și mai mare, să desfășurăm o activitate ideologică creatoare reală.

După cum am mai spus, cibernetica se bazează pe realizările matematicii, ale logicii matematice, ale teoriei informației, ale electronicii și ale automaticii. După cum nu recunoaștem altă filozofie decît materialismul dialectic, tot astfel, în domeniul comenzii și controlului recunoaștem numai știința întemeiată pe această filozofie; ceea ce ne interesează este dezvoltarea și utilizarea posibilităților acestei științe materialiste. În paginile ce urmează vom arăta că o astfel de știință există efectiv și se dezvoltă repede.

Una dintre noțiunile fundamentale ale filozofiei marxiste este noțiunea de materie. Lumea este materie care se mișcă în spațiu și în timp, și care există sub formă de substanță și de energie. Energia este măsura comună a diverselor forme de mișcare ale materiei. În conformitate cu aceasta, distingem energia mecanică, termică, chimică, electromagnetică, nucleară etc. Cîmpurile fizice energetice — cel electromagnetic, gravitațional etc. — sînt, într-o anumită privință, opuse substanței, deoarece ele leagă particulele substanței. În anumite condiții, cîmpurile generează

particule de substanță, și invers, iar teoria relativității stabilește o relație determinată între masa substanței și energia care-i corespunde. Atît substanța cît și cîmpul posedă energie, impuls și masă. Formele de mișcare trec una în alta și aceasta își găsește expresia într-o lege fundamentală a științelor naturii: principiul transformării și al conservării substanței și energiei.

Activitatea de producție a omului constă în a acționa asupra obiectului muncii cu ajutorul substanței și al energiei, în scopul de a conferi obiectului prelucrat noi proprietăți. Această activitate trebuie să fie astfel organizată și pusă la punct, încît omul să poată atinge într-un termen cît mai scurt rezultatele dorite cu un minimum de cheltuieli. Această problemă complicată se rezolvă prin aplicarea metodelor și a mijloacelor mecanizării și ale automatizării, precum și printr-o mai bună organizare a activității industriei, în particular printr-o mai bună conducere a acesteia, iar problemele cele mai complexe ale conducerii producției se rezolvă cu ajutorul metodelor și al mijloacelor cibernetici.

Folosirea uneltelor de muncă i-a permis omului să-și supună unele forțe ale naturii. Activitatea de muncă a omului a jucat un rol hotărîtor în dezvoltarea și în perfecționarea creierului său. Complicarea relațiilor omului cu natura a condus la o complicare a relațiilor dintre oameni: după cum arată F. Engels, a apărut la ei nevoia de a-și spune ceva unul altuia.

Așadar, munca în societate iar apoi și limbajul sînt factorii hotărîtori, sub acțiunea cărora s-a perfecționat creierul omului, s-a dezvoltat facultatea de a gîndi; activitatea psihică a omului este o latură specială a activității vitale a organismului său, o funcțiune specială a creierului.

Autorul insistă asupra acestor fapte unanim cunoscute, pentru că adesea se pune întrebarea dacă mașinile electronice utilizate în cibernetică gîndesc sau nu. Probabil că aceasta este problema care a suscitat cele mai multe controverse. Cred că ele au fost generate de declarațiile unor autori care susțineau că nu ar fi nici un fel de motive de a considera că mașinile electronice nu ar gîndi la fel cu omul.

Din nenorocire însă, deocamdată, ne este prea puțin cunoscut *cum anume* gîndește omul, deși există destule științe — fiziologia activității nervoase superioare, psihologia, logica, lingvistica etc. — care se ocupă de acest proces sub diverse aspecte și cu un succes tot mai mare. În esență, problema aceasta nu are legătură cu cibernetica, care studiază exclusiv sistemele de co-

mandă şi cele comandate şi care foloseşte în comandă maşinile electronice. Aşadar, problema nu este de domeniul ciberneticii şi nu priveşte direct maşinile electronice care sînt pentru cibernetică doar mijlocul tehnic de prelucrare a informaţiei.

Deoarece însă, pînă în prezent, continuă disputele inutile, după opinia autorului articolului de faţă, trebuie spuse cîteva cuvinte despre această chestiune. Aceste dispute nu au rost, deoarece nu pot conduce la un rezultat satisfăcător.

Gîndirea este inerentă multor animale superioare, care trăiesc într-un mediu anumit şi în condiţii determinate. Ele sînt nevoite să gîndească pentru a-şi îndeplini funcţiunile vitale în modul cel mai adecvat, îndeosebi interacţiunea şi legătura cu fiinţe din specia lor. Această facultate s-a elaborat de-a lungul milioanelor de ani ai evoluţiei regnului animal. Creierul omului încetează să funcţioneze normal în absenţa condiţiilor necesare. Este un fapt de cea mai mare însemnătate, pe care nu trebuie niciodată să-l scăpăm din vedere.

Nu numai maşinile electronice, ci şi numeroase alte dispozitive tehnice îndeplinesc, din însărcinarea omului, diverse funcţiuni, completînd şi lărgind posibilităţile organelor de simţ ale omului. Cînd acesta priveşte obiectele din lumea exterioară şi le percepe sub formă de imagini, el gîndeşte în mod incontestabil. Cînd el examinează un obiect cu ajutorul lupei, al microscopului, al telescopului sau al microscopului electronic, el gîndeşte, de asemenea, şi nimănui nu-i va veni în gînd să atribuie această proprietate instrumentelor optice. O staţie de radar care realizează urmărirea automată a unei ţinte, sau un telescop optic care urmăreşte automat un astru nu gîndesc nici ele. Aritmometrul, care-i îngăduie omului să calculeze mai repede, nu gîndeşte nici el. Are loc cumva o trecere a cantităţii în calitate, atunci cînd creşte viteza operaţiilor executate de maşină sau atunci cînd în ea funcţionează o „memorie" organizată într-un anumit mod? După părerea noastră, maşinile electronice îl vor ajuta într-o măsură tot mai mare pe om să gîndească, dar nu-l vor putea înlocui niciodată.

Cît despre structura creierului şi a elementelor maşinii, aici orice comparaţie este imposibilă: creierul este incomensurabil mai complicat şi mai perfecţionat decît „memoria" sau orice altă schemă a unei maşini. Siguranţa sa de funcţionare este şi ea incomparabil mai înaltă. Conexiunile primitive şi extrem de limitate ale diverselor elemente discrete ale maşinilor stau faţă în faţă cu conexiunile neliniare multilaterale din punct de vedere

spaţial şi extrem de complexe ale diverşilor neuroni cu mulţi alţi neuroni. Maşinile viitorului vor putea să reproducă aceste structuri foarte complicate numai în cazul în care vor fi construite pe baza aceloraşi principii ca şi ţesuturile nervoase vii.

Este în afară de orice îndoială că maşinile viitorului vor fi mult mai perfecţionate decît cele existente astăzi. Ele vor fi considerabil mai interesante chiar decît „perceptronul", despre care se scrie atît de mult. Dar nu aceasta contează. Esenţial este că creierul şi facultatea de gîndire a oamenilor s-au dezvoltat şi continuă să se dezvolte în societatea umană, în mediul în care trăiesc oamenii. O societate a maşinilor nu va exista niciodată.

Incontestabil, mijloacele şi metodele electronicii şi ale ciberneticii îl vor ajuta pe om să studieze problemele biologice şi pe cele fiziologice, în particular pe cele legate de facultatea de gîndire a omului. Aceasta nu schimbă însă esenţa chestiunii.

Materialismul dialectic studiază, în forma cea mai generală, procesele care au loc în natura exterioară omului, procesele care se desfăşoară în organismul uman şi, în sfîrşit, procesele care se produc în societatea umană.

Cibernetica materialistă, întemeiată pe filozofia materialismului dialectic, se ocupă tocmai de studiul acestor procese. Dar, ea le cercetează numai cu scopul de a le dirija spre binele omului. Aşadar, obiectul de studiu coincide în ambele cazuri, deşi conţinutul cercetărilor şi metodele aplicate diferă.

Filozofia marxistă consideră că lumea este guvernată de legi de dezvoltare obiective şi că ea este cognoscibilă. Conştiinţa noastră reflectă lumea reală, care există în afara noastră. Pe prima treaptă a procesului de cunoaştere, conştiinţa reflectă cu precădere aspectul exterior al fenomenelor, dă imagini ale lucrurilor singulare. Senzaţia, percepţia, reprezentarea nu sînt în stare să reflecte ele singure latura lăuntrică, esenţială a fenomenelor, să reflecte legile lumii obiective. Sintetizînd şi generalizînd datele senzaţiilor şi ale percepţiilor, gîndirea abstractă se desprinde de tot ce este neesenţial, accidental în lucruri şi în fenomene şi pătrunde esenţa lor. Rezultatele sintezelor şi ale generalizărilor sînt rezumate, exprimate în noţiunile şi în categoriile create de cunoaşterea ştiinţifică, în legile pe care le stabileşte. Aceste două trepte ale procesului de cunoaştere constituie o unitate, trec una în cealaltă şi sînt părţile componente ale procesului dialectic unic de reflectare a realităţii.

Baza procesului de cunoaştere, criteriul suprem al adevărului cunoştinţelor dobîndite îl constituie practica. Omul cunoaşte lu-

mea exterioară în procesul activității sale practice, în procesul influenței active pe care o exercită asupra naturii. „De la intuirea vie la gîndirea abstractă *și de la ea la practică*, — aceasta este calea dialectică a cunoașterii *adevărului*, a cunoașterii realității obiective“ [18].

Cibernetica materialistă se ocupă de strîngerea informației asupra proceselor de comandă și control, care se desfășoară în spațiu și în timp, le analizează și deduce legi generale care stau la baza comenzii și controlului, așa cum se realizează în natură, în mecanisme și în societate, adică sintetizează aceste legi particulare în legi generale. Totodată, cibernetica urmează indicația directă a lui Lenin, referitoare la cunoașterea adevărului prin practică. Rezultatele pozitive obținute prin aplicarea practică a legilor comenzii și controlului, deduse de cibernetică, la cele mai variate domenii ale activității omului, servesc ca dovadă a adevărului principiilor ei.

Cibernetica materialistă se situează pe pozițiile determinismului, adică pleacă de la recunoașterea caracterului necesar al conexiunii universale și al condiționării fenomenelor, de la recunoașterea conexiunilor cauzale ale fenomenelor în interacțiune. Necesitatea din natură și din societate își găsește expresia cea mai deplină în legi. Recunoașterea necesității în declanșarea și în evoluția fenomenelor implică recunoașterea faptului că aceste fenomene sînt subordonate unor legi anumite, care există independent de voința și de dorințele oamenilor. Recunoașterea legilor realității obiective ajută cibernetica materialistă să înțeleagă mai profund cauzele evenimentelor și constituie, de aceea, un fundament trainic pentru activitatea îndreptată spre un scop precis a omului.

Știința contemporană și, în particular, filozofia materialistă recunosc, paralel cu fenomenele necesare, fenomene ale naturii și ale societății umane în care conexiunile cauzale sînt latente și care par întîmplătoare. Materialismul dialectic recunoaște întîmplarea și o consideră obiectivă. Necesitatea și întîmplarea sînt legate între ele, iar întîmplarea este o formă de manifestare a necesității.

Am vrea să menționăm în mod special că, în ultimii ani, problemelor cauzalității și hazardului le-au fost consacrate numeroase cercetări foarte valoroase în literatura sovietică și în

[18] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 38, p. 163.

cea străină [19]. Intre altele, în 1959 a apărut traducerea în limba rusă a cărții *Cauzalitate și întîmplare în fizica modernă*, scrisă de cunoscutul fizician american David Bohm și consacrată celei mai actuale probleme filozofice a fizicii moderne. In cartea lui Bohm, problemele filozofice ale fizicii actuale ocupă locul cel mai important. „Dezvoltînd tezele filozofice generale asupra inepuizabilității lumii materiale, asupra conexiunii dintre legile cauzale și cele stochastice etc., Bohm expune, în fapt, unele teze fundamentale ale filozofiei materialismului dialectic“ — scrie în prefață prof. I. P. Terleţki, redactorul traducerii în limba rusă a cărții.

In studiul proceselor și al fenomenelor stochastice, cibernetica materialistă folosește pe scară largă teoria probabilităților. După cum se știe, probabilitatea este măsura posibilității obiective a producerii unor fenomene de masă. Probabilitatea care stabilește măsura posibilității producerii unui eveniment, fenomen, prin generalizarea unei mari mulțimi de fenomene individuale, se bazează pe dialectica obiectivă a generalului și a particularului, a necesității și a întîmplării.

Dezvoltarea științei a arătat că există relații cantitative comune multor lucruri și procese calitativ diferite. Oamenii și-au dat seama de aceasta încă în urmă cu cîteva mii de ani, cînd în Egipt și în Babilonia a luat naștere simbolismul primitiv al algebrei. Pentru constituirea definitivă a simbolismului algebric adoptat în prezent, a fost nevoie de circa 5—6 mii de ani, adică pînă în secolul al XVI-lea al erei noastre. Algebra a apărut sub influența nevoilor și a cerințelor practicii sociale, ca rezultat al căutării unor procedee generale pentru rezolvarea unor probleme de aritmetică de același tip. Algebra modernă, care folosește notațiile literale, studiază proprietățile generale ale sistemelor numerice și metodele generale ale rezolvării problemelor cu ajutorul ecuațiilor.

Metodele calculului diferențial și integral, create de Newton și de Leibniz, care au fost o încununare a îndelungatelor cercetări științifice făcute de marii matematicieni pînă în secolul al XVII-lea, au completat o importantă lacună în analiză. „Abia calculul diferențial dă științelor naturii posibilitatea de a reprezenta matematic nu numai *stări*, ci și *procese*: mișcarea“ [20].

[19] Vezi, de exemplu, I. V. Hodakov, *Necesitatea și întîmplarea în dezvoltarea științei*, în „Probleme de filozofie“, nr. 10, 1960.
[20] F. Engels, *Dialectica naturii*, p. 254.

Cibernetica teoretică studiază prin metode matematice sistemele dinamice complexe, cu scopul de a le face să treacă dintr-o stare în alta.

În secolul al XIX-lea, au ajuns la o largă dezvoltare ecuațiile fizicii matematice, care au alcătuit o disciplină autonomă în cadrul fizicii teoretice. Această metodă a fost folosită de fizicienii ruși A. G. Stoletov și P. N. Lebedev, în perioada 1890—1900. În lucrarea *Materialism și empiriocriticism*, V. I. Lenin îl citează pe celebrul fizician Boltzmann, care a arătat că „unitatea naturii iese la iveală într-o «surprinzătoare analogie» a ecuațiilor diferențiale, privind diferitele domenii ale fenomenelor“ [21]. În anii care au urmat, au cunoscut o răspîndire considerabilă metodele matematice generale pentru studiul proceselor oscilatorii de cea mai variată natură fizică : electromagnetice, acustice, optice, termice, mecanice. S-au bucurat de o largă difuzare remarcabilele lucrări : A. A. Andronov și S. E. Haikin, *Teoria oscilațiilor* (1937), B. V. Bulgakov, *Oscilațiile* (1954), S. P. Strelkov, *Introducere în teoria oscilațiilor* (1951)[22] și G. S. Gorelik, *Oscilații și unde* (1959).

În toate aceste lucrări sînt studiate relațiile cantitative care au loc în sistemele oscilatorii de cea mai variată natură, adică de cele mai diferite calități, fără ca să-i vină cuiva în minte să afirme inadmisibilitatea filozofică a unei astfel de tratări.

Filozofia, la rîndul ei, studiază un ansamblu de trăsături sau caracteristici care fac ca un anumit fenomen să fie ceea ce este și îl deosebesc de alte fenomene, adică studiază calitatea. În afară de calitate, fiecare lucru mai are și o latură cantitativă. Progresul științei este posibil numai cu condiția îmbinării corecte a aprecierii calitative și a evaluării cantitative a fenomenelor și proceselor.

Posibilitatea de a aplica la procese calitativ diferite aceleași formule matematice, care definesc relații cantitative, constituie, incontestabil, un fenomen progresist. Totodată, fizicienii materialiști își dau foarte bine seama că nu trebuie să uităm deosebirea calitativă dintre fenomenele descrise de aceleași ecuații.

Trecerea schimbărilor cantitative în schimbări calitative și invers constituie o lege dialectică universală a dezvoltării, ea se manifestă în toate procesele naturii, ale societății și ale gîndirii. Savanții materialiști care lucrează în domeniul cibernetici țin seama de aceasta și, aplicînd capitolele elaborate, special, din matematica superioară, pentru studiul legilor care guvernează procesele, fenomenele și sistemele cu evoluție complexă, dau întotdeauna dovadă de indispensabilă precauție atunci cînd își generalizează concluziile și recomandările referitoare la procese calitativ diferite.

[21] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 14, p. 283.
[22] Există o traducere și în limba română : Ed. tehnică, 1954.

Dezvăluind legile cele mai generale ale dezvoltării naturii, societății și gîndirii umane, dialectica materialistă îi oferă omului o metodă de cunoaștere științifică și o metodă de transformare practică a lumii reale. Cunoașterea felului în care se produce dezvoltarea determină metodele pentru studiul realității în dezvoltare, arată cum trebuie să procedăm, cum trebuie să dirijăm fenomenele și procesele care au loc, pentru a le schimba în direcția dorită de noi.

Pentru a-și argumenta îndoielile asupra valorii metodelor matematice în progresul științific, unii publiciști își permit să citeze celebrele cuvinte ale lui Lenin referitoare la afirmația că „materia dispare“, rămîn numai ecuațiile. Or, se știe că V. I. Lenin nu a combătut dezvoltarea și aplicarea matematicii în fizica teoretică, ci încercările unor filozofi și matematicieni, precum și ale unor fizicieni idealiști de a înlocui, prin abstracțiuni matematice, materialismul dialectic în științele naturii.

În această privință, într-un editorial al revistei „Probleme de filozofie“, se arată foarte just următoarele : „Succese'e viitoare ale științei sovietice vor depinde într-o măsură importantă de cercetările din domeniul matematicii. Dezvoltarea matematicii se va realiza nu numai ținîndu-se seama de aplicarea ei practică în tehnică și în domeniile unde folosirea ei a și adus roade, ci și în domeniile în care aplicarea matematicii se găsește într-un stadiu inițial. Metodele analizei matematice trebuie să capete o largă aplicare în biologie, medicină, ca și în științele socia'e, în economia politică, sociolog'e, statistică socială, în cercetările demografice etc.“ [23]. Este foarte bine spus și nu avem nimic de adăugat.

Dialectica nu este un îndreptar cu răspunsuri și rețete date de-a gata, valabile totdeauna și etern, aplicab'le pentru știință și pentru practică. Dimpotrivă, este un îndreptar viu, suplu, sensibil față de viață și de sarcinile ei, care ne călăuzește în acțiunile noastre. Legile dialecticii sînt universale. Pe de o parte, dialectica ține seama de progresul rapid al științei și

[23] „Probleme de filozofie“, nr. 4, 1959, p. 13 (trad. I.S.R.S.).

al tehnicii din zilele noastre, iar pe de altă parte, toate ştiinţele se dezvoltă pe baza folosirii largi a dialecticii. Aşadar, are loc o fructificare reciprocă a filozofiei materialismului dialectic şi a ştiinţelor care studiază natura şi societatea. Cibernetica materialistă, care se bazează pe o concepţie înaintată asupra lumii, pune şi ea la dispoziţia filozofiei idei şi generalizări noi, metode de tratare noi a anumitor procese şi fenomene, îmbogăţind astfel filozofia marxistă şi asigurînd legătura ei neîntreruptă cu cerinţele vieţii şi cu activitatea practică a oamenilor.

După cum ştim, cibernetica studiază procesele de comandă şi control, adică numai o anumită latură determinată a proceselor dinamice. Ea cercetează structural şi formal, pe baza matematicii şi a logicii, sistemele de comandă şi cele comandate; ea elaborează recomandări referitoare la metodele şi la procedeele comenzii şi controlului, în vederea atingerii mai rapide a scopului.

Aşadar, deşi se bazează pe generalizări şi sinteze ample, valabile pentru toate sistemele dinamice, cibernetica are o bază ştiinţifică mai îngustă decît filozofia. De aceea, este în afară de orice îndoială că cibernetica nu are nici un fel de temeiuri pentru a pretinde să ia locul filozofiei materialiste sau să devină un echivalent al acesteia. Însăşi enunţarea acestei chestiuni ni se pare cu totul lipsită de justificare, iar discuţiile pe această temă, o simplă pierdere de timp.

Am enumerat mai sus domeniile ciberneticii de care se ocupă Consiliul ştiinţific de cibernetică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. Această enumerare ne arată ce anume constituie obiectul ciberneticii. Am menţionat, de asemenea, că în U.R.S.S. lucrează în domeniul ciberneticii numeroase grupe de oameni de ştiinţă, ingineri şi economişti. Se fac lucrări de mari proporţii în ţările de democraţie populară şi în ţările occidentale, îndeosebi în S.U.A. În toate ţările lumii au fost create numeroase institute de cibernetică, în care se desfăşoară o bogată activitate.

În toamna anului 1960 a fost înfiinţat Institutul de cibernetică al Academiei de ştiinţe a R.S.S. Gruzine.

Mai trebuie să relevăm că, în cele mai multe ţări, între care şi în U.R.S.S., lucrările din domeniul ciberneticii se împletesc strîns cu cele din domeniul automaticii, al telemecanicii, al electronicii şi al tehnicii electronice de calcul. Este adesea imposibil să se tragă o linie de demarcaţie precisă între domeniile în care se aplică metodele ciberneticii şi cele în care domină

metodele automaticii şi ale telemecanicii clasice. De altfel, acest lucru nici nu este necesar; important este ca activitatea să se desfăşoare coordonat, în strînsă colaborare şi rodnic.

Consiliul ştiinţific de cibernetică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. colaborează cu un important grup de filozofi, nu numai din Moscova şi din Leningrad, ci şi din mai multe republici. Această muncă în comun se dovedeşte extrem de utilă, atît pentru cercetătorii naturii şi pentru ingineri, cît şi pentru filozofi. Referitor la cibernetică şi la realizările ei s-au spus multe lucruri — şi adevărate, şi false.

Erorile filozofilor şi ale publiciştilor occidentali sînt lipsite de originalitate şi prea puţin interesante. În esenţă, ele nu se deosebesc de greşelile criticate de V. I. Lenin în urmă cu 50 de ani. Pe scurt, ele se reduc la idealism şi la mecanicism. Dar îndărătul acestui înveliş neştiinţific se ascunde o activitate creatoare uriaşă, utilă şi care se dezvoltă repede, pe care o desfăşoară lucrătorii ştiinţifici, inginerii, economiştii şi organizatorii. În articolul lui A. Bovin, *Ştiinţa şi concepţia despre lume*, publicat în revista „Kommunist", se arată: „Elementele de dogmatism şi cunoştinţele insuficiente ale unei părţi dintre filozofi în domeniul ştiinţelor naturii, tendinţele pozitiviste şi înţelegerea superficială a teoriei filozofice la o seamă de cercetători ai naturii au împiedicat şi continuă să împiedice munca comună şi coordonată. Numai tendinţele bilaterale spre înţelegere reciprocă, priceperea de a recepta părerea celuilalt, studiul profund al argumentării «adversarului», controversele care nu urmăresc să aplice etichete, ci să stabilească adevărul, sînt capabile să-i reunească cu adevărat pe toţi oamenii de ştiinţă pe poziţiile materialismului dialectic". „Încercarea unei noi şcoli ştiinţifice — se spune mai departe — a unui curent din ştiinţele naturii de a deţine monopolul în ştiinţă, de a vorbi în numele materialismului dialectic şi de «a demasca» de pe aceste poziţii pe savanţii cu alte concepţii drept idealişti, metafizicieni şi reacţionari nu poate fi decît dăunătoare. Monopolul duce la stagnare în viaţa ştiinţifică" [24].

În această ordine de idei, am vrea să mai revenim o dată la importanta problemă a aplicabilităţii matematicii în unele ştiinţe: biologia, medicina, economia, dreptul etc. Încă în urmă cu 75 de ani, Engels scria, în prefaţa cărţii sale *Anti-Dühring*: „...O concepţie dialectică şi în acelaşi timp materialistă despre

[24] „Kommunist", nr. 5, 1960, p. 121 (trad. I.S.R.S.).

natură necesită cunoașterea matematicilor și a științelor naturii. Marx a fost un temeinic cunoscător al matematicii...“ [25]. În cele trei sferturi de secol care au trecut de atunci, matematica a progresat imens, iar dacă mai adăugăm la aceasta uriașele realizări și posibilități deschise de automatica electronică pentru operațiile de calcul, formulările lui Engels vor căpăta și mai multă greutate pentru epoca noastră.

Cibernetica teoretică folosește pe scară largă anumite domenii ale matematicii și contribuie la dezvoltarea unor noi domenii. Aici se deschide, după impresia noastră, un cîmp de activitate aproape virgin. Sîntem bucuroși să arătăm că la aceste probleme au fost atrași cei mai de seamă matematicieni din țara noastră; în acest domeniu lucrează mult și celebri matematicieni din străinătate. O atestă literatura uriașă referitoare la aceste probleme, care se publică în toate limbile.

Argumentul frecvent citat că formulele matematice abstracte ascund deosebirile calitative dintre procesele studiate nu rezistă criticii, deoarece matematica dispune de o imensă varietate de metode care se aplică în funcție de conținutul problemelor, la descrierea lor formală. În această ordine de idei, este util să ne amintim de o formulare a lui V. I. Lenin din articolul *Statistică și sociologie*:

„...Am hotărît să începem cu statistica, știind foarte bine, desigur, ce antipatie adîncă provoacă statistica la unii cititori care preferă «adevărurilor prozaice» «minciuna care ne înalță» și la unii scriitori cărora le place să strecoare contrabandă politică sub steagul raționamentelor «generale» despre internaționalism, cosmopolitism, naționalism, patriotism etc.“ [26].

În amintirile sale, Lafargue citează următoarea cugetare a lui Marx: „...Știința își atinge abia atunci perfecțiunea, cînd reușește să utilizeze matematica“ [27].

Multe idei interesante referitoare la această problemă se găsesc în materialele consfătuirii consacrate aplicării metodelor matematice în biologie, care a fost organizată de Universitatea de stat din Leningrad la 15—17 mai 1958, precum și în referatele și comunicările celei de-a doua Consfătuiri în legătură cu

[25] F. Engels, *Anti-Dühring*, p. 15.
[26] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 23, E.S.P.L.P., București, 1957, p. 273.
[27] Paul Lafargue, *Amintiri despre Marx*, în „Vospominaniia o Markse i Engelse“, Gospolitizdat, M., 1956, p. 66.

aplicarea metodelor matematice în biologie, care a avut loc, tot acolo, în 1959 [28].

Aceste probleme îi preocupă în mod deosebit pe oamenii de știință sovietici; de aceea ne și permitem să insistăm atît de mult asupra lor. Poziția greșită pe care s-au situat unii dintre publiciștii noștri în această problemă este tot atît de periculoasă și de dăunătoare ca și poziția analogă în problemele filozofiei.

O altă problemă disputată este cea a legitimității aplicării metodelor ciberneticii în sociologie, în științele care studiază societatea.

Firește, ar fi total greșit să credem că aplicarea mașinilor electronice și a ciberneticii ar putea duce la rezolvarea problemelor sociale ale societății capitaliste. Sînt utopice și dăunătoare numeroasele păreri exprimate de publiciștii occidentali referitoare la „cibernetica socială“, unde se vorbește despre o lume a mașinilor, care guvernează societatea.

Dispunem de fapte reale, care atestă foloasele utilizării metodelor ciberneticii în investigațiile sociologice, în particular la prelucrarea materialelor statistice, în cercetările economice, în modelarea unor procese sociale, în analiza operațiunilor, în teoria jocurilor, în strategia și în tactica militară și în comerț, în reglementarea circulației urbane, în unele probleme ale dreptului, în studiul relațiilor dintre om și mașină, în particular dintre om și automat; cibernetica are un viitor foarte bogat în studiul și în ordonarea comunicării între oameni; în sfîrșit, cercetările și măsurile din domeniul medicinei trebuie clasificate, și ele, într-o anumită măsură, printre științele sociale, deoarece starea sănătății omului care muncește și trăiește în societate este și ea un factor social. Tot aici trebuie să încadrăm studiul limbii ca fenomen social.

În toate aceste domenii se realizează cu succes toate cele trei trăsături ale comenzii și controlului: strîngerea informației, prelucrarea ei și elaborarea unei decizii. Datorită aplicării metodelor logicii matematice, a matematicii și a mașinilor electronice, toate aceste acțiuni se efectuează *considerabil mai repede, considerabil mai precis, mai complet și mai bine orientat spre scopul lor*. Cu alte cuvinte, acolo unde, în fenomenele, procesele și operațiunile sociale, apare necesitatea de a mări eficiența

[28] Vezi „Primenenie matematiceskih metodov v biologhii“, Ed. Universității de stat din Leningrad, 1960.

comenzii şi a controlului, îndeosebi în cazurile foarte complicate, metodele ciberneticii pot fi extrem de utile. Ele îmbogăţesc şi lărgesc mult posibilităţile omului, dar nu iau niciodată locul omului.

Poate oare cibernetica să fie de folos economiei? Fără nici o îndoială. Intreaga problemă constă în a stabili dacă se poate îmbunătăţi calitatea conducerii şi a dirijării proceselor economice, folosind metodele matematicii, ale logicii matematice, ale teoriei informaţiei şi mijloacele automaticii electronice, în mod deosebit, calculatoarele electronice. La Consfătuirea ştiinţifică consacrată aplicării metodelor matematice în cercetările economice şi în planificare, organizată de Academia de Ştiinţe a U.R.S.S. în martie 1960, au fost prezentate numeroase comunicări şi referate în aceste probleme şi au fost adoptate o serie de recomandări. In acestea se arată, între altele: „Maşinile de calcul existente în U.R.S.S. şi cele care se fabrică în prezent pot rezolva o vastă sferă de probleme de planificare, evidenţă, analiză, precum şi operative. Consfătuirea consideră actuală sarcina de a elabora şi de a introduce în uz sistemele de maşini de calcul destinate a fi folosite în conducerea operativă a îndeplinirii planului. Un astfel de sistem de maşini va economisi o mare cantitate de muncă a lucrătorilor din aparatul administrativ şi de conducere, permiţînd totodată raţionalizarea şi îmbunătăţirea sistemului de conducere".

Este foarte interesant de menţionat că Consiliul economiei naţionale a R.S.S. Estone a organizat, împreună cu Universitatea de stat din Tartu, în oraşul Tallin (februarie 1960) o consfătuire asupra problemelor utilizării maşinilor electronice în calculele economice şi în planificare. Consfătuirea a recomandat ca, pe baza maşinilor de calcul actuale, să se organizeze un mare centru de calcul pentru deservirea republicii, în particular pentru lucrările de planificare economică, tehnico-inginereşti şi de cercetare ştiinţifică. Academia de Ştiinţe a R.S.S. Estone a propus la această consfătuire să se organizeze un institut de cibernetică tehnică pentru studiul sistematic al problemelor ciberneticii etc. Creşterea interesului pentru aplicarea metodelor matematice şi cibernetice în economie este universală şi cît se poate de legitimă.

La sfîrşitul anului 1959, la Budapesta a avut loc al doilea Congres internaţional în domeniul organizării producţiei. Printre numeroasele şi variatele sale probleme, a fost tratată şi problema aplicării metodelor matematice în economia industriei, asupra

căreia a referit un grup de cercetători în domeniul ciberneticii şi de colaboratori ai Institutului de matematică din cadrul Academiei de Ştiinţe a Ungariei. Grupul de cibernetică al Republicii Populare Ungare lucrează, de cîţiva ani, rodnic, în domeniul metodelor matematice de planificare şi de conducere a producţiei. Astfel, el a studiat problemele programului optim al transporturilor de cărbune şi de lemn, încărcarea optimă a laminoarelor etc. [29].

Am vorbit mai sus despre hotărîrile adoptate de guvernul sovietic cu privire la introducerea metodelor automaticii electronice în conducerea economiei naţionale. Aceste hotărîri se înfăptuiesc cu succes. S-a dovedit astfel, nu numai teoretic, ci şi practic, că metodele ciberneticii se aplică rodnic în domeniul economiei.

Poate oare cibernetica să fie de folos biologiei şi medicinei? Această întrebare este pusă de unii publicişti, într-un mod tot atît de greşit ca şi cea precedentă. Trebuie să ne întrebăm, nu dacă ea „poate oare", ci dacă s-au luat măsurile necesare pentru utilizarea largă a acestor posibilităţi pe deplin reale. Acolo unde se creează condiţiile corespunzătoare şi există cadre suficient pregătite, cercetările ştiinţifice se desfăşoară astăzi cu succes. Dar toate acestea nu sînt decît un început.

In numărul din 19 aprilie 1960 al săptămînalului „Mediţinski rabotnik", acad. V. V. Parin şi D. N. Menişki, şeful laboratorului de radioelectronică şi cibernetică din Institutul de medicină experimentală, au publicat un articol substanţial şi foate interesant, intitulat *Cibernetică şi medicină*. Nu avem posibilitatea să-i redăm conţinutul, aşa că ne vom mărgini numai să citäm cîteva rînduri în care se arată că „cibernetica poate fi clasificată, cu deplin temei, printre realizările remarcabile ale epocii noastre. Progresele ei vor exercita (şi exercită de pe acum) o influenţă fundamentală asupra biologiei, medicinei şi cercetărilor medicale".

In foarte interesanta lucrare *Problemele neurociberneticii*, scrisă de prof. S. N. Braines, A. V. Napalkov şi V. B. Svecinski, se spune: „In prezent, nu mai tăgăduieşte nimeni că cibernetica poate aduce un mare folos fiziologiei... Cartea de faţă... urmăreşte să arate unele dintre aceste posibilităţi, pe baza exemplu-

[29] Vezi „Promîşlenno-ekonomiceskaia gazeta", 3 februarie 1960.

lui studierii unei serii de probleme care apar în cercetarea creierului" [30].

Prof. B. Petrovski, laureat al Premiului Lenin, membru al Academiei de ştiinţe medicale a U.R.S.S., scrie: „Rolul tehnicii creşte an de an. Nu mai este departe timpul cînd aplicarea cibernetici în medicină — aparatele electronice de diagnostic, aparatele automate de narcoză, de fotografiere şi filmare a tulburărilor viscerale — va accelera considerabil şi va preciza metodele noastre diagnostice şi terapeutice" [31].

Oportunitatea studiului posibilităţilor de a aplica principiile cibernetici în domeniul medicinei, al biologiei şi al fiziologiei este confirmată de numeroase fapte. Acestor probleme le-au fost consacrate congrese internaţionale de specialitate: la Teddington (Anglia), în noiembrie 1958, la Namur, în septembrie 1958, la Paris, în iunie 1959. La aceste conferinţe, reprezentanţii ştiinţei sovietice şi-au spus cuvîntul şi s-au bucurat de mult succes. În iulie 1960, la Londra a avut loc a treia Conferinţă internaţională consacrată aplicaţiilor electronicii în medicină. În noiembrie 1960, la Institutul de chirurgie „A. V. Vişnevski", s-a ţinut a XII-a sesiune ştiinţifică, consacrată unor probleme ale aplicării cibernetici în chirurgie. La sfîrşitul anului 1960, la Neapole s-a întrunit un Congres internaţional pentru aplicarea cibernetici în medicină.

Asociaţia americană a inginerilor radiotehnicieni a organizat, începînd din 1952, o discuţie largă asupra acestor probleme, în cadrul căreia s-a acordat o deosebită atenţie utilizării maşinilor electronice în stabilirea diagnosticului. Literatura referitoare la aplicarea matematicii, a logicii, a automaticii electronice şi a cibernetici în medicină, în biologie şi în fiziologie creşte zi de zi, iar numărul lucrărilor ştiinţifice sistematizate depăşeşte în prezent 8 mii.

În Republica Populară Ungară se întreprind de cîţiva ani lucrări încununate de succes asupra aplicării metodelor cibernetici în biologie. Ele sînt conduse de profesorul de anatomie Szentegotay, membru-corespondent al Academiei de Ştiinţe a Ungariei. În articole şi într-o scrisoare, pe care a avut amabilitatea să ni le trimită, el vorbeşte despre lucrări originale din

[30] „Problemî neirokibernetiki", Ucenîe zapiski, Akad. Med. nauk SSSR, Institut psihiatrii, M. 1959, p. 4; vezi şi V. D. Moiseev, *Problemele cibernetici în biologie şi medicină*, Editura Medicală, Bucureşti, 1961.

[31] „Pravda", 30 aprilie 1960.

domeniul neurofiziologiei, care lărgesc considerabil ideile actuale despre transmiterea informaţiei în organism.

Cercetători din numeroase ţări lucrează la dezvoltarea şi la aplicarea cibernetici în diverse domenii ale ştiinţei. Acum nu se mai îndoieşte nimeni că aplicarea realizărilor cibernetici în alte ştiinţe este nu numai utilă, ci şi necesară. Folosirea tot mai largă în practică a cibernetici nu face decît să confirme adevărul acestei teze.

Aici trebuie să avem însă în vedere că „pretenţiile senzaţionale" ale cibernetici sînt tot atît de dăunătoare ca şi scepticismul, lipsa de informare şi conservatorismul unor autori de articole şi de broşuri de sinteză şi popularizare consacrate cibernetici.

Trebuie să facem distincţie între pretenţiile „legitime" ale cibernetici şi cele „nelegitime". Un exemplu de pretenţie legitimă este tendinţa lingviştilor de a dezvolta noi domenii ale lingvisticii: cea structurală şi cea matematică. Aceste domenii constituie baza teoretică pentru studiul problemelor lingvisticii aplicate în cibernetica actuală (comanda automată prin vorbire a proceselor de producţie, automatizarea serviciilor de documentare, automatizarea traducerii şi a fişării literaturii tehnico-ştiinţifice, construirea maşinilor logico-informaţionale, proiectarea stenografilor automaţi, mărirea capacităţii de transmisie a canalelor de comunicaţie etc.).

Aplicarea metodelor structurale şi matematice contribuie la cunoaşterea limbii, care este cel mai important mijloc de transmitere a informaţiei în societate, la cercetarea comunicării prin vorbire, precum şi la rezolvarea unor probleme de lingvistică istorică-comparată. Aceste probleme au format obiectul unor discuţii speciale la Academia de Ştiinţe a U.R.S.S. şi îşi găsesc actualmente o rezolvare pozitivă şi un sprijin serios la Academia de Ştiinţe.

Aşadar, încă un domeniu al ştiinţelor sociale — lingvistica — ajunge în sfera de influenţă a matematicii şi a cibernetici. Dezvoltarea unor noi capitole ale lingvisticii — lingvistica structurală şi cea matematică — este o sarcină actuală, de o mare importanţă practică pentru aşa-numita lingvistică „aplicată", necesară în tehnica telecomunicaţiilor, care progresează repede. Bineînţeles, analiza structurală a limbii nu trebuie să se

substituie tuturor celorlalte aspecte ale studiului limbii ca fenomen social-istoric [32].

Sîntem departe de a fi enumerat aici toate domeniile de activitate ale omului în care metodele cibernetice de comandă şi control îşi găsesc sau îşi vor găsi curînd o largă aplicare.

Tot atît de importante vor fi metodele cibernetice în serviciul meteorologic, unde ele pot fi folosite cu multă eficienţă pentru o mai bună prognoză a stării timpului. În prezent, se fac importante cercetări în problema influenţării stării timpului. În articolul *Influenţa omului asupra proceselor meteorologice*, acad. E. K. Fedorov scrie: „Influenţarea proceselor meteorologice ar trebui, probabil, să fie realizată pe altă cale — pe baza principiului comenzii şi controlului. Principiul comenzii şi controlului proceselor naturale constă în a pune în mişcare, în sensul dorit, mari cantităţi de substanţă şi de energie. Însăşi acţiunea de comandă trebuie să fie însoţită, în aceste condiţii, de consum de substanţă sau de energie în cantităţi considerabil mai mici" [33]. Apare posibilitatea de a risipi norii şi ceţurile, pentru a utiliza energia solară, sau, dimpotrivă, de a condensa umiditatea în nori şi de a provoca ploaie sau ceaţă artificială. Se cercetează probleme legate de posibilitatea de a acţiona asupra climatului. E. K. Fedorov scrie: „...puterea energetică a societăţii umane, care creşte mereu într-un ritm tot mai rapid, permite, după cum credem, să sperăm că se vor putea găsi în complexul factorilor climatogeni canalele de comandă şi control adecvate, accesibile influenţei exercitate de noi".

Este în afară de orice îndoială că, o dată cu trecerea timpului, vor căpăta o uriaşă importanţă procedee noi de comandă a sistemelor energetice, întemeiate pe metodele şi pe mijloacele cibernetici. Metodele de automatizare a comenzii şi controlului centralelor electrice şi a micilor sisteme de distribuţie, care sînt de pe acum aplicate pe scară largă, nu constituie decît un început modest.

* * *

Credem că am prezentat mai sus suficiente argumente în favoarea recunoaşterii cibernetici sovietice ca ştiinţă independentă, care se întemeiază pe filozofia materialismului dialectic şi merită să i se dea toată atenţia.

[32] Vezi şi S. K. Şaumean, *Problemele lingvistice ale cibernetici şi lingvistica structurală*, în „Probleme de filozofie", nr. 9, 1960.
[33] Vezi „Probleme de filozofie", nr. 4, 1958.

Obiectul cibernetici îl constituie procesele de comandă şi control în sistemele dinamice complexe. Astfel de sisteme se întîlnesc permanent în activitatea de producţie, în ştiinţele naturii şi în societate. Scopul cibernetici sovietice este de a elabora şi de a pune în aplicare metode ştiinţifice pentru comanda şi controlul proceselor complexe, în vederea sporirii eficacităţii muncii omului, în vederea găsirii celor mai raţionale căi de trecere de la socialism la comunism.

Lupta pe frontul ideologic împotriva idealismului, pozitivismului şi mecanicismului, împotriva simplismului, dogmatismului şi preţiozităţii trebuie să fie şi vor fi continuate. Însă elementul principal şi hotărîtor este dezvoltarea fundamentelor ideologice ale cibernetici sovietice. Aceasta reclamă colaborarea prietenească şi creatoare a matematicienilor, logicienilor, electronicienilor, filozofilor şi sociologilor, biologilor şi medicilor, economiştilor şi reprezentanţilor producţiei din U.R.S.S., colaborare bazată pe consideraţie reciprocă şi pe înţelegerea interesului comun pe care-l prezintă problemele.

Perioada „pretenţiilor senzaţionale neîntemeiate" ale cibernetici este în U.R.S.S. de domeniul trecutului. Am intrat în era recomandărilor — fundate ştiinţific şi bazate pe ideologia materialistă — ale cibernetici sovietice, adresate tuturor organizaţiilor şi instituţiilor care participă la dezvoltarea ştiinţei, a tehnicii şi a economiei sovietice, la utilizarea cuceririlor şi a posibilităţilor cibernetici pentru construirea cît mai grabnică a societăţii comuniste.

Din istoria dezvoltării ciberneticii

A. V. HRAMOI
candidat în ştiinţe tehnice

După definiţia lui N. Wiener, cibernetica este ştiinţa care studiază controlul şi comunicarea în organismele vii şi în maşini [1]. În prefaţa la cartea lui W. Ross Ashby, *Introducere în cibernetică*, acad. A. N. Kolmogorov defineşte după cum urmează conţinutul acestei ştiinţe: „Cibernetica se ocupă de studiul sistemelor, de indiferent ce natură, capabile să recepţioneze, să conserve şi să prelucreze informaţie, precum şi să o folosească în comandă şi reglaj" [2].

Această ştiinţă, care stă la baza construirii şi a funcţionării sistemelor cu autoreglaj, indiferent dacă acestea aparţin lumii organice sau domeniului tehnicii, se dezvoltă în prezent deosebit de repede, posedă o literatură bogată şi cadre de cercetători în număr din ce în ce mai mare.

Trebuie să subliniem, de la bun început, că cibernetica se situează în sfera de preocupări a biologiei, psihologiei, fiziologiei, tehnicii, sociologiei, filozofiei, lingvisticii. Acest fapt şi-a găsit confirmarea, între altele, la congresele internaţionale de cibernetică, ţinute în ultimii ani în Belgia şi în Franţa.

În Uniunea Sovietică, în urma superficialităţii unor filozofi, cibernetica a fost clasificată, un timp, în rîndul disciplinelor pseudoştiinţifice, în a căror dezvoltare ar fi interesată numai burghezia. Practica ultimilor ani a arătat însă cît de greşită este această concepţie. Dar şi în prezent, specialiştii din domeniul automaticii nu au ajuns încă la un punct de vedere unitar asupra ciberneticii. Unii sînt de părere că cibernetica face parte dintre ştiinţele noi şi că ea trebuie să constituie o preocupare

[1] N. Wiener, *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and Machine*, John Wiley, N.Y., Hermann, Paris, 1948.
[2] Vezi W. Ross Ashby, *Introducere în cibernetică*, IL, M., 1959, p. 8.

serioasă. Alţii împart cibernetica în una biologică şi în una tehnică, de exemplu considerînd că cibernetica tehnică ar fi identică cu teoria şi cu tehnica reglajului automat şi că nu ar aduce nimic nou în comparaţie cu ceea ce este conţinut de pe acum în reglajul automat.

În condiţiile interesului sporit faţă de cibernetică şi date fiind diversele puncte de vedere asupra ei, considerăm important să aruncăm o privire asupra trecutului şi să ne străduim a caracteriza, măcar pe scurt, calea de dezvoltare a ideilor şi a noţiunilor care formează fundamentul acestei discipline ştiinţifice.

Este cazul să ne amintim aici din nou de indicaţia marelui Lenin: „...Să nu uiţi conexiunea istorică fundamentală, să priveşti fiecare problemă din punctul de vedere al modului în care a apărut în istorie un fenomen dat, al etapelor principale pe care le-a parcurs în dezvoltarea lui acest fenomen, şi să vezi, privind prin prisma acestei dezvoltări, ce a devenit acest fenomen în prezent" [3].

Înainte de a trece la expunerea istoriei acestei ştiinţe, trebuie să precizăm conţinutul termenului de cibernetică, un cuvînt grecesc care înseamnă, în traducere, conducere, mai exact — conducerea, cîrmuirea unei nave. Acest termen a fost folosit de filozofii antici şi pentru arta de a conduce, de a cîrmui oamenii, societatea.

În clasificarea ştiinţelor, elaborată de el, Ampère a aşezat cibernetica în secţiunea „politică". Aceasta, în calitate de ştiinţă de ordinul întîi, era împărţită în ştiinţe de ordinul al doilea şi al treilea. Ampère consideră ca ştiinţă de ordinul al doilea, ştiinţa coexistenţei *(syncimenique)*; ştiinţa conducerii, a guvernării *(cybernetique)* este clasificată de el în ordinul al treilea [4].

Fiecărei ştiinţe îi era asociată o deviză versificată, în limba latină. Versul lui Ampère, care corespunde ciberneticii, este următorul: *et secura cives ut pace fruantur* (şi le asigură cetăţenilor posibilitatea de a se bucura de pace).

N. Wiener a propus ca termenul „cibernetică" să fie folosit pentru denumirea domeniului ştiinţific care se ocupă de comandă, control şi comunicare în fiinţele vii şi în maşini. Prima sa carte de cibernetică a apărut în 1948 şi este consacrată ex-

[3] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 29, Editura Politică, Bucureşti, 1959, p. 457.
[4] Vezi A. M. Ampère, *Essais sur la philosophie des sciences*, Paris, 1934.

punerii fundamentelor generale ale ştiinţei dispozitivelor şi sistemelor cu autoreglaj, indiferent dacă sînt create de natură sau de om. Abordarea comună a lumii organice şi a celei anorganice se întemeiază la N. Wiener pe faptul că sistemele şi dispozitivele tehnice cu autoreglaj sînt analoge organismelor vii, în sensul că şi unele şi celelalte nu se supun principiului entropiei, e drept numai temporar.

Amintim că entropia este măsura unei treceri în energie termică a diverselor forme de energie, în condiţiile căreia cea dintîi nu poate trece spontan în formele din care a apărut. Dacă un sistem închis nu poate trece de la sine într-o altă stare, înseamnă că entropia sa şi-a atins maximul.

Începînd din anii 1870, după lucrările lui Maxwell şi ale lui Boltzmann, noţiunii de entropie i se dă o interpretare probabilistică. Se numeşte entropie mărimea H, caracterizînd probabilitatea unei anumite stări a unui sistem :

$$H = p_1 \log p_1 + p_2 \log p_2 + \ldots + p_x \log p_x.$$

Orice sistem închis tinde totdeauna către starea sa cea mai probabilă, în care entropia sa este maximă.

Cibernetica ia ca punct de plecare teza că viaţa se caracterizează prin acumulare de energie chimică şi radiantă, care frînează transformarea energiei utile în căldură şi împiedică disiparea ei în spaţiul cosmic.

Pentru clarificarea esenţei comenzii şi controlului s-a dovedit de o deosebită utilitate noţiunea de informaţie şi, în particular, cea de cantitate de informaţie pe care un sistem este capabil s-o recepţioneze şi s-o folosească într-un fel sau altul. Comanda şi controlul înseamnă, în primul rînd, trimiterea unui semnal de comandă. Dar transmiterea şi recepţionarea semnalului prin orice canal de comunicaţie sînt legate de înfrîngerea unor perturbaţii aleatorii. Determinarea probabilităţii recepţionării unui semnal nedistorsionat devine una dintre cele mai importante probleme ale teoriei comenzii şi controlului.

Ca urmare, s-a constituit în teoria probabilităţilor un nou capitol : teoria informaţiei, al cărei obiect este cercetarea „transmiterii producţiei unor surse stochastice prin canale cu perturbaţii“ [5].

[5] A. I. Hincin, *Despre teoremele fundamentale ale teoriei informaţiei*, în „Uspehi matematiceskih nauk“, vol. XI, fasc. 1, 1956, p. 18.

După cum cantitatea de informaţie din sistem este indicele (măsura gradului) organizării sale, scrie N. Wiener, tot astfel entropia sistemului este indicele (măsura gradului) dezorganizării sale şi, bineînţeles, aceşti indici sînt de semn contrar [6].

Unul dintre fizicienii remarcabili ai timpului nostru, ungurul Szilard [7], care a jucat, după cum se ştie, un rol important în obţinerea energiei intranucleare, a arătat, în 1929, studiind problema „demonului lui Maxwell“ [8], că entropia pe care o pierde un gaz în urma separării particulelor cu energii înalte de cele cu energii joase este egală cu informaţia pe care o capătă „demonul“ şi care se transmite observatorului „experimentului“. Aceasta pare să fie prima menţiune din literatura ştiinţifică referitoare la corespondenţa dintre noţiunile de entropie şi informaţie.

Cibernetica se ocupă de sisteme în care entropia nu creşte, ci scade. Concomitent cu descreşterea entropiei, creşte în sistem capacitatea de a recepţiona şi prelucra informaţie. Formarea informaţiei contracarează creşterea entropiei. Expresia matematică a cantităţii de informaţie coincide, în valoare absolută, cu H — probabilitatea diverselor stări ale unui sistem închis —, dar este de semn contrar.

Pe lîngă informaţie, cibernetica mai foloseşte o altă noţiune fundamentală : cea de conexiune inversă. După cum se ştie, conexiunea inversă permite realizarea comenzii automate într-un sistem, prin transmiterea acţiunii de la obiectul comandat la dispozitivul de comandă. Această noţiune a fost dezvoltată în mare măsură în radiotehnică (sub denumirea de reacţie) şi în teoria reglajului automat.

O trăsătură esenţială a cibernetici este abordarea comună a analizei sistemelor din lumea organică şi din cea anorganică.

[6] Vezi N. Wiener, *Cybernetics*, J. Willey and Sons, ed. 8, 1950, p. 18.

[7] L. Szilard, *Über die Entropieverminderung in einem thermodynamischen System, bei Eingriffen intelligenter Wesen*, în „Zeitschrift für Physik“, vol. 53, 1929, p. 840.

[8] „Demonul lui Maxwell“ este o fiinţă imaginară, care, aflîndu-se în interiorul unui vas umplut cu gaz, posedă capacitatea de a sorta moleculele gazului, lăsîndu-le să treacă printr-un orificiu al peretelui despărţitor, în aşa fel încît moleculele cu viteză mare să fie de o parte a peretelui, iar cele cu viteză mică, de cealaltă parte. Realizarea efectivă a operaţiei, în aceste condiţii, ar însemna că este posibil, în opoziţie cu principiul al doilea al termodinamicii, să se obţină un lucru mecanic util folosind diferenţa de temperatură astfel formată.

În procesul creator al proiectării mijloacelor de automatică, al construirii sistemelor de reglaj automat, analogia cu organismul viu a apărut, dacă putem spune astfel, latent, spontan. Era un timp cînd folosirea unor termeni ca „dispozitiv reflectoriu", „memorie", „mașină-comandant" era considerată aproape ca o abatere de la concepția marxistă asupra lumii. În prezent, această analogie capătă o bază științifică profundă, datorită faptului că au fost studiate și definite matematic noțiunile de informație, izvor de informație, canal, semnal. Noțiunea de conexiune inversă a fost și ea, generalizată.

În legătură cu elaborarea teoriei informației — acest fundament matematic al cibernetici, — am vrea să citățm o formulare a lui A. I. Hincin : „Se întîmplă rar în matematică să vedem o disciplină nou-născută dobîndind, încă de la prima încercare ce i-a fost consacrată, caracterul unei teorii științifice mature și ramificate ; așa s-a întîmplat, la timpul său, cu teoria ecuațiilor integrale, după lucrarea fundamentală a lui Fredholm ; tot astfel s-a întîmplat cu teoria informației, după lucrările lui Shannon" [9].

Adesea auzim obiecții împotriva conținutului științific al cibernetici, împotriva clasificării ei în rîndul științelor, pe motiv că teoria informației se dezvoltă independent de cibernetică, ca o teorie generalizată a comunicației, iar teoria conexiunii inverse este dezvoltată în teoria reglajului automat. Aici se pierde din vedere că cibernetica pleacă de la considerarea complexă în comun a sistemelor în care informația și conexiunea inversă sînt indisolubil legate.

Este vorba despre cercetarea comportării unui sistem, în particular a ansamblului unui sistem cu autoreglaj, despre studiul formelor generale ale mișcării acestor sisteme, despre cercetarea legilor generale ale structurii lor.

Este util aici să amintim istoricul apariției teoriei oscilațiilor. Era un timp cînd teoria oscilațiilor nu era considerată o disciplină științifică autonomă și cînd se susținea că ea nu dă rezultate noi. Acum nu-i va mai veni nimănui în gînd să insiste asupra unor astfel de păreri. Mai mult, este cu totul evident că tocmai datorită interpretării noi pe care teoria oscilațiilor a introdus-o în cercetarea unor fenomene în aparență perfect cunoscute, au putut fi puse în evidență fapte noi, legi noi.

[9] A. I. Hincin, *loc. cit.*, pp. 17—18.

Obiectul teoriei oscilațiilor, o știință nouă, apărută între anii 1920 și 1930, a fost analiza caracterului general al procesului oscilatoriu luat în ansamblu, considerat într-un interval de timp relativ mare. Foarte curînd a ieșit la iveală eficiența acestui nou mod de a privi un fenomen dinainte studiat. S-a constatat că acele laturi ale proceselor periodice care sînt caracterizate prin aspectul lor general, prin forma de ansamblu a procesului sînt determinate de legi calitativ noi, ignorate în condițiile vechii metode [10]. Aceste legi noi s-au dovedit a fi comune pentru cele mai variate domenii anorganice și organice.

Cibernetica urmează și ea aproximativ aceeași cale de dezvoltare. Ea proclamă un nou punct de vedere, constînd în cercetarea proprietăților, a formelor și a principiilor generale ale structurii sistemelor cu autoreglaj. În cartea sa, *Introducere în cibernetică* (Londra, 1956), Ashby arată că cibernetica se află în aceeași relație cu mașinile concrete, ca și geometria cu corpurile concrete de pe Pămînt.

Este recomandabil să considerăm istoria dezvoltării cibernetici sub două aspecte : ca istorie multiseculară a dezvoltării dispozitivelor și sistemelor de comandă și control în fiziologie și în tehnică, și ca istorie de două decenii a cibernetici, în forma în care apare în lucrările lui N. Wiener, precum și în ale discipolilor, colaboratorîlor și adepților săi cei mai apropiați.

Perioada care începe în timpurile cele mai vechi și se termină în secolul al XVII-lea trebuie considerată ca preistorie a sistemelor cu autoreglaj. Această perioadă se caracterizează prin crearea unor dispozitive automate imitînd însușiri exterioare ale oamenilor și ale animalelor (mișcări, gesturi, sunete). Adevărata istorie a problemei începe în secolul al XVII-lea, marcat în fiziologie prin descoperirea făcută de W. Harvey, iar în tehnică prin crearea unor dispozitive care reproduceau facultăți intelectuale umane (Pascal, Leibniz), precum și prin crearea unor dispozitive cu conexiune inversă (Huyghens).

Este cunoscut din istoria tehnicii că, încă în secolul al IV-lea î.e.n., s-au făcut încercări de a se crea sisteme automate, care reproduceau mișcări ale unor ființe vii. Arhitas din Tarent (secolele V—IV), de exemplu, a construit un porumbel care zbura, Demetrios din Phaleron (secolele IV—III) a realizat un melc care se tîra. Unul dintre discipolii lui Platon a pus la punct un

[10] Vezi L. I. Mandelstam, *Lekții po kolebaniiam (1930—1932)*. M., 1955.

automat de semnalizare pentru a-şi chema elevii la lecţiile care aveau loc dimineaţa la Academie (secolul al IV-lea î.e.n.). Istoria pomeneşte de androidul lui Ptolemeu Philadelphul, un dispozitiv care imita mişcările omului (secolul al III-lea î.e.n), precum şi de automatele-actori, care au reprezentat în teatrul lui Heron din Alexandria o piesă în 5 acte şi 8 tablouri despre reîntoarcerea în patrie a eroilor războiului Troiei (secolul I î.e.n.).

În evul mediu, tendinţele de a imita mişcările organismelor vii cu ajutorul diverselor dispozitive tehnice continuă să se dezvolte.

Vom menţiona următoarele fapte: ceasornicul din Haase (secolul al V-lea e.n.), prevăzut cu o mulţime de figuri care ieşeau din oră în oră, la un semnal, din nişele lor, şi care sunau numărul corespunzător de ore după semnalul dat de figura centrală; figuri de grifoni şi de lei care răgeau, precum şi păsările cîntătoare de pe laturile tronului de aur al împăratului bizantin Teofil, pe care le construise mecanicul Leon Filozoful; R. Bacon şi Albert cel Mare (secolul al XII-lea) s-au străduit vreo 30 de ani să realizeze un automat cu chip de om, care, ca răspuns la o bătaie în uşă, să o deschidă şi să-l salute, printr-o înclinare a capului, pe noul venit.

Interesul pentru crearea unor automate care imitau mişcările animalelor şi ale omului a sporit în epoca Renaşterii. Astfel, J. Müller (Regiomontanus) (1436 — 1476) — cunoscut astronom, matematician şi constructor de instrumente — a realizat mai multe automate. Printre acestea citäm o muscă ce alerga în jurul mesei, un vultur aşezat deasupra porţii Nürnbergului şi care l-a salutat, dînd din aripi şi înclinînd capul, pe împăratul Maximilian la sosirea acestuia în oraş.

Leonardo da Vinci (1452—1519) a construit un dispozitiv automat cu chip de leu. Cu prilejul ceremoniei întîmpinării regelui Ludovic al XII-lea la Milano, acest leu a umblat prin sala tronului. El s-a oprit la picioarele lui Ludovic şi şi-a desfăcut pieptul cu labele, lăsînd să cadă de acolo crini albi — emblema regilor Franţei.

Gianello della Torre din Cremona — celebru matematician şi mecanician din secolul al XVI-lea — a confecţionat pentru Carol Quintul jucării automate, ca soldaţi înarmaţi şi care mărşăluiau, toboşari, trompeţi, păsări care zburau etc.

Enumerînd toate aceste automate-jucării, descoperim în creaţia multor învăţaţi şi ingineri de seamă din trecutul îndepărtat o tendinţă multiseculară de a copia sau de a modela întrucîtva comportamentul unor fiinţe vii. Nu putem trece cu vederea că această tendinţă este caracteristică şi pentru epoca noastră.

În secolul al XX-lea, urmărim cu interes pe mulţi fiziologi, neurofiziologi, ingineri din diverse ţări ale lumii, care proiectează şi construiesc modele electronice de şoareci, broaşte ţestoase, cîini, vulpi şi alte animale. Firesc, această repetare a istoriei are loc pe o bază tehnică nouă şi se face în alte scopuri, de care ne vom ocupa mai jos.

După cum am mai relevat, secolul al XVII-lea constituie începutul adevăratei istorii a părţilor fiziologice şi tehnice ale cibernetici. În anul 1615, medicul englez W. Harvey a descoperit sistemul circulaţiei sanguine. Pentru a ne exprima în termeni moderni, el a arătat că circulaţia sîngelui este un sistem cu autoreglaj, în care inima joacă rolul de centru care comandă. I. P. Pavlov a apreciat, la timpul său, după cum urmează, descoperirea lui Harvey: „...în mijlocul unei profunde obscurităţi şi al unei confuzii greu de imaginat astăzi, care dominau în reprezentările asupra activităţii organismului animal şi uman, dar care erau consacrate prin autoritatea intangibilă a moştenirii ştiinţei clasice, medicul William Harvey a reuşit să descopere una dintre cele mai importante funcţiuni ale organismului, circulaţia sanguină, punînd astfel fundamentul unui nou capitol al cunoaşterii umane exacte: fiziologia animală“ [11].

Harvey era un om cu o cultură profundă, care cunoştea foarte bine mecanica, deoarece în anii 1598—1602 audiase la Universitatea din Padua prelegerile lui Galilei. După Harvey, sistemul circulaţiei sanguine nu avea nevoie de *„vis pulsica“* (forţa vitală specială care determina, după Galen, pulsaţia vaselor sanguine în organism), medicul englez explicînd funcţionarea acestui sistem simplu şi clar, pe baza legilor mecanicii.

Este cazul să menţionăm că descoperirea lui W. Harvey era legată de dezvoltarea iatrofizicii şi a iatromecanicii, între altele, de lucrările dascălului său, fiziologul şi medicul italian Fabrizio (1537—1619), şi de lucrările profesorului Santorio (1561—1636) de la Universitatea din Padua. Această descoperire a fost, într-o anumită măsură, un rod al schimbului de idei dintre mecanică şi fiziologie.

[11] I. P. Pavlov, *Polnoe sobranie trudov*, vol. V, M.—L., 1949, p. 313.

În secolul al XVII-lea au fost realizate primele dispozitive mecanice care efectuau o funcțiune specifică a aparatului activității nervoase superioare: numerația și operații aritmetice.

În 1641—1642, Blaise Pascal (1623—1662), remarcabilul matematician, fizician și filozof francez, a construit prima mașină de calcul, care efectua adunări, iar în 1673—1674, G. W. Leibniz (1646—1716) a elaborat primul dispozitiv multiplicator. „Ceea ce Leibniz nu a reușit pe deplin — scrie P. Cossa — a dus la bun sfîrșit P. L. Cebîșev, construind în 1896 o mașină de calcul care înmulțea și împărțea“ [12]. În acest citat, în locul lui P. L. Cebîșev, mort în 1894, trebuie să trecem numele lui A. N. Krîlov, care a publicat în 1904, în limba franceză, o lucrare despre un integrator, unde descria un dispozitiv de înmulțire construit de el [13].

Pascal a exprimat următorul punct de vedere în legătură cu importanța mașinii de calcul: „Mașina de calcul efectuează operații care se apropie mai mult de gîndire decît tot ce fac animalele. Dar ea nu face nimic care să ne îngăduie afirmația că mașina ar avea dorințe, asemenea animalelor“.

Este important de relevat că Pascal și Leibniz au deschis o pagină nouă în istoria dispozitivelor automate, deoarece ei au fost cei dintîi care au încercat să reproducă prin mijloace mecanice una dintre facultățile intelectuale ale omului. Nu este o întîmplare că în multe limbi verbul „a socoti“ este sinonim cu „a gîndi“, „a crede“.

Un eveniment de cea mai mare importanță în istoria tehnicii a fost invenția ceasornicului cu pendul de către Chr. Huygens (1629—1695). Aprecierea dată acestei invenții de K. Marx într-o scrisoare adresată lui F. Engels este binecunoscută [14].

Creînd ceasornicul cu pendul, Huygens a introdus în tehnică o nouă legătură între organul care este comandat și cel care comandă, prin care se asigura transmiterea către organul de comandă a unei acțiuni variabile din partea organului comandat. În 1906, E. Rumer a denumit acest gen de legătură „reacție“, „conexiune — sau reacție — inversă“ [15]. De atunci, în radiotehnică, iar apoi în teoria oscilațiilor și în teoria reglajului automat, acest termen a ajuns la o largă răspîndire. Sistem cu conexiune inversă a devenit sinonim cu sistem automat, sistem care se comandă singur, iar noțiunea de conexiune inversă a trecut apoi și în fiziologie. Menționăm aici că tendința unor autori francezi (P. de Latil, P. Cossa) de a considera scuturătoarea morii de apă, descrisă în cartea lui A. Ramelli, *Diferite mașini iscusite* (1588), ca pe un regulator automat, adică un dispozitiv cu conexiune inversă, nu ni se pare pe deplin întemeiată.

[12] P. Cossa, *Cibernetica*, I. L., M., 1958, p. 79.
[13] Vezi „Izvestiia Akademii nauk“, seria V, vol. XX, nr. 1, 1904, pp. 17—37 (Sur un intégrateur des équations différentielles ordinaires).
[14] Vezi K. Marx — F. Engels, *Scrisori despre „Capitalul“*, E.S.P.L.P., București, 1955, p. 112.
[15] Citat după cunoscuta lucrare a lui Max von Laue, *Istoria fizicii*, M., I.L., 1956.

În secolul al XVII-lea, a apărut scrierea filozofică a lui R. Descartes (1596—1650), *Tratatul despre om*, în care omul este înfățișat ca o „mașină vie“. Toate funcțiunile proprii acestei mașini vii, cum ar fi digestia, pulsația inimii și a arterelor, alimentarea și creșterea, respirația, sînt consecințe naturale ale dispoziției organelor acestei mașini, după cum mișcările unui ceasornic sau ale unui automat sînt un rezultat al acțiunii contragreutății sau roților.

„Mă voi strădui să explic mecanismul corpului nostru — scrie Descartes — în așa fel, încît să avem tot atît de puține temeiuri de a atribui sufletului mișcările nelegate de voință cum avem puține temeiuri de a socoti că ceasornicul ar avea un suflet care îl silește să arate timpul“ [16]. În acest tratat, Descartes pune bazele teoriei reflexelor, adică a mișcărilor organismului apărute ca răspuns la un stimul. Cînd este vorba despre o mișcare, adică despre trecerea dintr-o stare în alta, este pe deplin firesc să punem problema timpului minim al acestei treceri. Această problemă a fost pusă de matematicienii care au creat calculul variațional, deosebit de important în construirea sistemelor cibernetice actuale.

Matematicianul francez P. de Fermat, studiind legea refracției luminii, a enunțat, în 1662, principiul timpului minim. El a căutat să demonstreze că *„natura acționează pe căile cele mai ușoare și mai accesibile“* [17].

În 1696, matematicianul elvețian J. Bernoulli și-a propus celebra problemă constînd în aflarea brahistocronei, curba după care un corp trece în timpul cel mai scurt dintr-un punct dat în altul.

În secolul al XVII-lea, a mai apărut și o altă știință matematică nouă, calculul probabilităților, care, după cum am men-

[16] „Variaționnîe prințipî mehaniki. Sbornik statei“, Fizmatghiz, M., 1959, p. 7.
[17] M. Laue, *Istoria fizicii*, M., 1956, p. 15.

ţionat înainte, joacă acum un rol esenţial în aparatul matematic al ciberneticii. Pascal, Fermat şi Huygens, despre care am vorbit mai sus, au fost iniţiatorii calculului probabilităţilor.

Secolul al XVIII-lea cuprinde numeroase evenimente importante pentru istoria automaticii.

J. de Vaucanson (1709—1782), un talentat matematician francez, care a fost timp de 40 de ani conducătorul tehnic (inspectorul şef) al industriei de mătase din Franţa, constructorul unui mare număr de maşini automate pentru filat şi ţesut mătase, şi-a cîştigat mult mai multă glorie în rîndurile contemporanilor săi în calitate de creator al unor automate care imitau mişcări ale animalelor şi ale omului. El a prezentat o raţă de aramă, care ciugulea grăunţe, bea apă, măcăia, reproducea procesul digestiei; un automat flautist, cu chipul şi de mărimea unui om, care executa la flaut diverse arii (automat pneumatic).

Este interesant de menţionat că automatul de ţesut mătase al lui Vaucanson era un sistem de dispozitive efectoare legate între ele, care funcţionau de la un acelaşi arbore de distribuţie, pus în mişcare de un motor. Mecanismul pentru formarea rostului din cadrul acestei maşini avea la bază un tambur perforat, care efectua după un program selecţionarea acelor legate de firele urzelii.

Pe baza acestui război de ţesut, inventatorul francez J. M. Jacquard (1752—1834) şi-a realizat celebrul mecanism pentru formarea rostului, menit să lucreze ţesături cu modele mari (1808). Se pare că în această maşină a fost realizată pentru prima dată comanda după un program cu ajutorul unei cartele perforate.

O contribuţie importantă la dezvoltarea automaticii a adus şi Rusia secolului al XVIII-lea. Marele Lomonosov a creat dispozitive înregistrătoare automate: în 1748, un anemometru înregistrător; în 1759, o busolă înregistrătoare. În 1765, I. I. Polzunov a construit primul regulator automat industrial al nivelului apei din cazanul maşinii cu vapori, create tot de el. În 1784, James Watt obţinea brevetul pentru o perfecţionare radicală a regulatorului centrifug al vitezei de rotaţie a maşinii cu vapori, care a jucat, după cum se ştie, un rol important în dezvoltarea automaticii.

Realizărilor din domeniul tehnicii automate i-au corespuns progrese importante în fiziologie şi în filozofie. Medicul şi gînditorul francez J. O. de La Mettrie (1709—1751) a publicat în 1748, cartea *Omul-maşină*, care a fost arsă pe rug pentru orientarea ei materialistă şi ateistă. În carte se demonstra ideea că sufletul nu poate fi ceva diferit de corp; nu există decît materie, care se mişcă potrivit legilor mecanicii. Această remarcabilă lucrare a lui La Mettrie este oarecum un ecou la tratatul amintit mai sus al lui Descartes.

K. Marx şi F. Engels scriu că „La Mettrie se foloseşte pînă în cele mai mici amănunte de fizica lui Descartes. «Omul-maşină» construit de el are drept model animalul-maşină construit de Descartes“ [18].

Întemeietorii marxismului au relevat, de asemenea, rolul deosebit de important pe care medicii-fiziologi l-au jucat în crearea materialismului mecanicist francez. „Medicul *Le Roy* pune temelia acestei şcoli, în persoana medicului *Cabanis*, ea atinge punctul său culminant, medicul *La Mettrie* este centrul ei“ [19].

În 1784, remarcabilul fiziolog ceh H. Prochaska (1749—1820) a publicat în limba latină cartea *De functionibus systematis nervosi commentatio*. Aici, Prochaska face un important pas înainte în dezvoltarea noţiunii de reflex, în particular prin introducerea noţiunii de forţă nervoasă. „După cum scînteia, tăinuită în oţel şi în cremene, — scrie Prochaska — nu apare înainte de frecarea dintre oţel şi cremene, tot astfel forţa nervoasă rămîne latentă, fără a excita acţiuni ale sistemului nervos, pînă cînd nu se aplică un stimul, iar atîta timp cît acesta acţionează, acţionează şi ea; atunci cînd stimulul este îndepărtat, ea încetează să mai acţioneze, iar la revenirea acestuia, forţa apare din nou“ [20]. Această formulare atestă că Prochaska s-a apropiat de o concepţie materialistă asupra mecanismului activităţii nervoase.

În secolul al XIX-lea, legătura dintre sfera tehnicii şi cea a biologiei apare mult mai net. O atestă istoria soluţionării a două probleme: înregistrarea automată şi reglajul automat al unor procese.

La sfîrşitul secolului al XVIII-lea, fiziologul T. Jung (1773—1829) a inventat chimograful, un aparat pentru înregistrarea automată a oscilaţiilor. Perfecţionîndu-i construcţia, fiziologul K. Ludwig a adaptat acest aparat pentru înregistrarea automată a oscilaţiilor tensiunii sîngelui în vasele sanguine. Chimogra-

[18] K. Marx — F. Engels, *Opere*, vol. 2, E.S.P.L.P., Bucureşti, 1958, p. 145.
[19] *Ibidem*, p. 141.
[20] H. Prochaska, *Tratat despre funcţiunile sistemului nervos*, L., 1957, p. 59.

ful i-a îngăduit lui Ludwig să facă o importantă serie de descoperiri în domeniul reglării tensiunii la organismele vii.

Folosind chimograful şi elaborînd un aparat original pentru măsurarea unor intervale de timp foarte mici, fiziologul H. Helmholtz a rezolvat, în 1851—1852, una dintre problemele cele mai importante ale fiziologiei: el a determinat viteza de propagare a excitaţiei în lungul unui nerv.

Rezultatele obţinute de Helmholtz erau în contradicţie cu principiile şi cu teoria celebrului fiziolog J. Müller, considerat în secolul al XIX-lea drept un clasic al fiziologiei. Însă tehnica experimentală şi precizia aparatului automat al lui Helmholtz erau într-atîta ireproşabile, încît rezultatele cercetărilor sale nu au suscitat îndoieli, iar ştiinţa fiziologiei s-a îmbogăţit cu o realizare de cea mai mare importanţă.

Fiziologul Helmholtz a fost predecesorul multor ingineri în crearea teoriei unor instrumente pentru înregistrarea fenomenelor oscilatorii cu perioadă scurtă. Între altele, Helmholtz a stabilit rolul curbei de rezonanţă în înregistrarea oscilaţiilor şi a arătat că pentru a asigura precizia dispozitivului înregistrător, este necesar ca frecvenţa oscilaţiilor sale să fie considerabil mai mare decît frecvenţa oscilaţiilor fenomenului înregistrat. Nu este cazul să demonstrăm, credem, că această lucrare a lui Helmholtz a avut o importanţă fundamentală pentru dezvoltarea tehnicii controlului automat.

Este interesant să comparăm faptele şi datele din domeniul dezvoltării reglajului automat, adică din domeniul sistemelor dinamice cu conexiune inversă. După ce regulatoarele automate au intrat în practica industrială, adică după ce Polzunov şi Watt şi-au realizat sistemele cu conexiune inversă negativă, fiziologul scoţian Ch. Bell a descoperit un astfel de sistem închis în organismul viu. În 1824, a fost publicată lucrarea sa *An Exposition of the Natural System of the Nerves of the Human Body*. Bell a stabilit că rădăcinile anterioare ale nervilor medulari conţin fibre motorii, iar cele posterioare, fibre sensitive.

În preajma anului 1850, fiziologul francez Magendi (1783 — 1855), bazat pe lucrările lui Bell, a definit reflexul ca un sistem închis, adică cu conexiune inversă.

În 1863, I. M. Secenov a publicat în Franţa şi în Rusia o lucrare asupra centrilor care inhibă mişcările reflexe în creierul broaştei [21]. În această lucrare, considerată de I. P. Pavlov drept

[21] Vezi săptămînalul „Mediţinski vestnik" (SPb.), nr. 1, 2, 3, 1863.

„primul triumf al gîndirii ruse în domeniul fiziologiei" [22], I. M. Secenov a descoperit fenomenul de inhibiţie centrală.

În 1868, Hering şi Breyer au descoperit reflexul şi autoreglarea în mişcările respiratorii. În 1885, N. A. Mstislavski a indicat poziţia precisă a centrului respirator.

După cum este bine cunoscut, în perioada 1840—1877, lucrările lui B. Ery (1840—1850), J. C. Maxwell (1868), P. L. Cebîşev (1871), I. A. Vîşnegradski (1876—1878) au adus o importantă contribuţie la teoria matematică a sistemelor cu conexiune inversă.

În 1849—1873, în tehnica reglajului automat se produce un progres esenţial: apare servomotorul, amplificatorul. Ne referim la invenţiile lui Sicles (1849), Brown (1871) şi Farcot (1873) [23]. Iar după 15 ani, în legătură cu teza sa de doctorat, *Nervii centrifugi ai inimii* (1883), I. P. Pavlov arată că „pe lîngă aşa-numiţii nervi ritmici ai inimii (accelerator şi încetinitor), mai există doi nervi, de asemenea antagonişti, care influenţează forţa contracţiilor cardiace: nervul slăbitor şi nervul întăritor" [24]. Experimentele ulterioare ale lui I. P. Pavlov în acest domeniu s-au referit aproape exclusiv la cel din urmă.

În 1888, săptămînalul „Kliniceskaia gazeta" a publicat articolul lui I. P. Pavlov, *Nervul întăritor al inimii*, în care era descris amănunţit felul în care, în procesul muncii experimentale, fusese automatizat aparatul lui Stolnikov, construit în 1886, pentru înregistrarea cantităţii de sînge care trece prin aorta ciinelui. Descriind acest aparat, sau mai bine zis acest dispozitiv, I. P. Pavlov îl prezintă ca pe „un triumf al... tendinţei instrumentale în fiziologie". El consideră că cu cît este mai perfecţionat sistemul nervos al unui organism animal, cu atît el este mai centralizat, cu atît etajul său superior este într-o măsură tot mai mare conducătorul şi regulatorul întregii activităţi a organismului, cu toate că aceasta nu apare de loc într-o formă clară şi manifestă.

În 1871, fiziologul american H. P. Boudige (1840—1911), care lucra pe atunci în laboratorul lui Ludwig, a descoperit în organismul viu prezenţa unor elemente de releu. El a arătat că celulele nervoase funcţionează după principiul „tot sau nimic", adică după principiul releului.

[22] I. P. Pavlov, *Experienţa a douăzeci de ani în studiul activităţii nervoase superioare a animalelor*, Ed. Academiei R.P.R., 1953, p. 170.

[23] J. Farcot, *Servomoteur ou moteur asservi*, Paris, 1873.

[24] I. P. Pavlov, *Nervul întăritor al inimii*, în „Fiziologia sistemului nervos", vol. III, cartea a II-a, E.M., 1957, p. 372.

Este interesant că primele lucrări consacrate teoriei și tehnicii sistemului de reglaj automat cu relee (I. A. Vîșnegradski, H. Léauté) [25] datează din aceeași epocă.

Descoperind și cercetînd sisteme și elemente de automatică din organismele vii, fiziologii aveau nevoie de mijloace tehnice, adică de dispozitive și aparate automate, pe care le preluau din arsenalul tehnicii sau pe care le creau în laboratoarele lor. Cîteodată, activitatea fiziologilor a condus la invenții fundamentale, cum este telefonul fiziologului A. G. Bell (1876). Savanți ca Jung, Helmholtz, Bell și-au început multe cercetări ca fiziologi și le-au încheiat ca fizicieni și tehnicieni. Aceste fapte nu sînt întîmplătoare. La baza lor stă o analogie de conținut dintre cele mai fructuoase între organism și mașină.

Noul punct de vedere, noua reprezentare asupra organismului viu și, în particular, asupra omului, ca sistem cu autoreglare și-a găsit expresia cea mai completă și mai strălucită la I. P. Pavlov. „Omul — scrie el — reprezintă, desigur, un sistem (sau mai bine zis o mașină), și ca orice alt sistem din natură, el este supus legilor ei inevitabile și unitare; considerat însă prin prisma cunoștințelor noastre științifice actuale, acest sistem prezintă... capacitatea desăvîrșită de autoreglare. Cunoaștem suficiente mașini create de mîna omului, cu variate proprietăți de autoreglare. Din acest punct de vedere, metoda folosită în studiul omului este aceeași ca și pentru oricare alt sistem, adică: descompunerea în părți, studiul rolului fiecărei părți, studiul legăturii dintre părți, studiul corelației cu mediul înconjurător și, în cele din urmă, pe baza tuturor acestor date, cunoașterea activității acestui sistem și dirijarea lui, dacă ea stă în puterile omului. Sistemul nostru este însă prin excelență dotat cu capacități de autoreglare, de autosusținere, de restabilire, de reparare și chiar de perfecționare" [26].

În secolul al XIX-lea au fost elaborate fundamentele aparatului matematic pe care-l folosește astăzi pe larg cibernetica.

În 1847, apare lucrarea lui G. Boole (1815—1864), *Cercetare matematică asupra logicii*. Este greu să dăm o apreciere de ansamblu acestei lucrări, care a pus bazele teoriei schemelor cu

[25] Vezi I. A. Vîșnegradski, *Despre un regulator cu acțiune indirectă*, în „Izvestiia Sanktpeterburgskovo prakticeskovo tehnologhiceskovo instituta". 1878, vol. 2, pp. 1—48. Vezi și H. Léauté, în „Journal de l'École Polytechnique", Paris, 1885, caietul 55, pp. 1—126.

[26] I. P. Pavlov, *Experiența a douăzeci de ani...*, p. 480.

acțiune discretă, al căror rol în dezvoltarea tehnicii crește zi de zi.

Dintre cercetările matematicienilor ruși în acest domeniu, trebuie menționată lucrarea lui P. S. Porețki *Despre metodele de rezolvare a egalităților logice și despre metoda inversă a logicii matematice*, apărută în 1884.

S-au realizat progrese esențiale în dezvoltarea teoriei probabilităților. Datorită lucrărilor lui P. Laplace, S. Poisson, A. Legendre, C. L. Gauss, apărute în prima jumătate a secolului al XIX-lea, ea a început să fie aplicată în științele naturii și în rezolvarea unor probleme tehnice. În a doua jumătate a secolului al XIX-lea, în dezvoltarea teoriei probabilităților au ocupat un loc de frunte cercetările lui P. L. Cebîșev și ale elevilor săi — A. M. Leapunov și A. A. Markov. Teoria lanțurilor Markov și a proceselor Markov ocupă un loc bine stabilit în teoria proceselor stochastice.

Datorită lucrărilor lui Maxwell și Boltzmann, metodele statistice și-au găsit o aplicare sistematică în fizică. În 1872, Boltzmann și-a demonstrat celebra teoremă *H*, pe care am menționat-o mai sus.

Ulterior, fizicianul american J. W. Gibbs a dezvoltat sistemul mecanicii statistice. În 1902 apare cercetarea sa fundamentală *Principiile elementare ale mecanicii statistice, elaborate cu aplicare la fundarea rațională a termodinamicii.*

Tehnica celei de-a doua jumătăți a secolului al XIX-lea se caracterizează prin realizări importante în domeniul mașinilor de calcul. În primul rînd, aici trebuie menționate mașinile de calcul ale lui J. Thomson și A. N. Krîlov.

În secolul al XIX-lea, s-au pus bazele unei importante orientări în fiziologia activității nervoase superioare a animalelor: cercetarea proceselor de învățare la animale. Pentru cibernetica actuală, care rezolvă, printre altele, și problema construirii unor mașini și sisteme cu autoinstruire, aceste probleme sînt actuale și în prezent. Unul dintre cei dintîi care s-au ocupat de procesul învățării la animale a fost savantul american E. L. Thorndike. În 1898, a văzut lumina tiparului cartea sa *Inteligența animalelor*. În cercetările sale, Thorndike a luat ca punct de plecare faptul că reacțiile animalului la diversele excitații s-au fixat sub influența efectului util și a unor repetări multiple.

Expunînd sintetic dezvoltarea fiziologiei etajelor superioare ale sistemului nervos central, la sfîrșitul secolului al XIX-lea,

I. P. Pavlov a menționat această lucrare a lui Thorndike [27]. Luînd cuvîntul în una dintre celebrele sale „miercuri", I. P. Pavlov a arătat în mod expres că „în istoria reflexelor condiționate, primul pas pe calea cercetării obiective a comportamentului animalelor îi aparține pe plan cronologic lui Thorndike" [28].

Așadar, la hotarul secolelor al XIX-lea și al XX-lea, în fiziologie, în matematică și în tehnică au apărut premisele unui nou și important salt în dezvoltarea teoriei sistemelor cu autoreglaj.

Din prima treime a secolului nostru s-a conturat limpede următoarea situație : pe de o parte, un progres rapid în domeniul automaticii, în domeniul teoriei și al tehnicii construirii de sisteme cu autoreglaj, iar pe de altă parte, un triumf tot mai net al „tendinței instrumentale în fiziologie", care a condus la reprezentarea organismului animal ca un sistem cu autoreglaj. Apropierea dintre mijloacele tehnice utilizate în fiziologie și în automatică este însoțită de un schimb de principii constructive în domeniul schemelor structurale, al ideilor modelării, al metodelor de analiză și sinteză a sistemelor.

Dar acest proces de schimb de idei și mijloace tehnice se realizează de la caz la caz, printr-un fel de salturi. Și abia acum, în a doua treime a secolului, se creează în diverse țări grupuri unificate de fiziologi, tehnicieni și specialiști în alte domenii, care urmăresc sistematic să studieze în comun o serie de probleme care îi interesează pe toți.

În 1936—1937, se organizează în jurul celebrului matematician N. Wiener, profesor la Institutul tehnologic din Massachusetts, un mic grup de oameni de știință din diverse specialități. Fizicieni, fiziologi, matematicieni și electronicieni s-au unit pentru a discuta în comun unele probleme fundamentale din domeniul științei, căreia Wiener i-a dat mai tîrziu denumirea de cibernetică.

Inițial, nucleul acestui grup a fost format din doi tineri savanți mexicani : fizicianul M. S. Vallarta, unul dintre elevii lui Wiener la Institutul tehnologic din Massachusetts, devenit apoi profesor de fizică la acest institut, și fiziologul A. Rosenblueth, care a jucat un rol deosebit în enunțarea problemei teoriei generale a comenzii, controlului și comunicării, îmbrățișînd atît organismele vii, cît și dispozitivele și sistemele tehnice.

[27] I. P. Pavlov, *Sobr. soc.*, M., 1951, p. 447.
[28] Cf. I. P. Pavlov, *Prelegeri despre activitatea emisferelor cerebrale*, Ed. Academiei R.P.R., 1951, p. 15.

Este cazul să menționăm că Wiener i-a dedicat lui Rosenblueth cartea sa *Cibernetica*, apărută în 1948. Rosenblueth a fost unul dintre cei mai apropiați discipoli și colaboratori ai lui W. B. Cannon (1871—1945), marele fiziolog american, prieten al lui I. P. Pavlov. Cannon s-a ocupat mult și în mod rodnic de analiza proceselor de reglare în organismul viu. În perioada cînd s-a apropiat de Wiener, Rosenblueth era colaborator al lui Cannon la Școala de medicină de la Harvard, iar ulterior el a devenit unul dintre conducătorii Institutului național de cardiologie din Mexic.

La acest grup au aderat, curînd, tînărul matematician J. Bigelow, astăzi profesor la Școala de studii superioare de la Princeton, W. S. McCulloch, fiziolog de la Școala de medicină a Universității din Illinois, specializat în studiul creierului, precum și tînărul matematician W. Pitts, elev al celebrului specialist în domeniul logicii matematice, profesorul R. Carnap, de la Universitatea din Chicago.

Sub influența lui McCulloch, Pitts a început să aplice metodele logicii matematice la analiza schemelor de contacte ale fibrelor nervoase (a rețelelor nervoase). N. Wiener menționează că Pitts a realizat, independent de C. Shannon, un pas important în domeniul aplicării logicii matematice la analiza schemelor cu relee.

În cadrul reuniunilor organizate de acest grup, erau analizate și discutate probleme comune fizicii, fiziologiei, matematicii, tehnicii. Problema analogiei dintre organism și mașină se bucura de multă atenție.

Este interesant de semnalat că, aproximativ în același timp, este înființată în sistemul Academiei de Științe a U.R.S.S. Comisia de telemecanică și automatică din care, pe lîngă ingineri, făcea parte și cunoscutul biofizician acad. P. P. Lazarev. În lucrările sale, legătura strînsă dintre fiziologie și tehnică este relevată în repetate rînduri. El a arătat, pe baza unui număr de exemple, ce importanță a avut pentru dezvoltarea fiziologiei aplicarea mijloacelor automaticii (autoînregistratoare, amplificatori).

Ceva mai apoi, la inițiativa cunoscutului fiziolog L. Lapicque, se încheagă în Franța o grupare de savanți de diverse specialități din care face parte și matematicianul L. Coufignal, astăzi director al Institutului de mașini de calcul de la Paris. Acest grup se ocupa și el de discutarea unor probleme generale, limitrofe cu cibernetica.

În Anglia, matematicianul A. M. Turing publică, în 1936, o lucrare originală despre principiile generale ale construirii mașinilor de calcul [29]. Turing se ocupă aici și de o serie de probleme ale ciberneticii actuale. În aceeași perioadă, mai mulți savanți englezi — J. Haldane, S. Levy, J. Bernal — manifestă mult interes pentru cercetarea ideilor și a principiilor care formează acum conținutul ciberneticii.

Însă în S.U.A., și anume în grupul lui Wiener, procesul unirii fiziologilor, fizicienilor, inginerilor și matematicienilor în jurul problemelor teoretice ale comenzii și comunicării s-a desfășurat mai intens decît în alte țări. Poate că la aceasta a contribuit faptul că în fruntea grupului se afla un matematician, și anume un mare matematician.

Menționăm, cu acest prilej, că în U.R.S.S. cibernetica a început să se dezvolte într-un ritm rapid abia după ce eminenții matematicieni A. N. Kolmogorov, S. L. Sobolev, A. I. Hincin și alții au început să se intereseze de problemele ei.

În timpul războiului, Wiener s-a ocupat de rezolvarea unor probleme importante ale teoriei și ale practicii comenzii automate. Este cunoscut că cercetările lui Wiener în domeniul ciberneticii au fost precedate de o lucrare asupra perfecționării analizorului diferențial al lui V. Bush, precum și de studiul asupra unei probleme din teoria circuitelor electrice, efectuat în comun cu doctorul Lee Yuk-Wing.

În 1940, Wiener și-a pus problema de a crea o mașină de calcul pentru rezolvarea unor ecuații diferențiale cu derivate parțiale (mașina lui Bush era destinată să rezolve ecuații diferențiale ordinare). Este interesant că, încă atunci, Wiener a propus, împreună cu Rosenblueth, reconstrucția analizorului diferențial al lui Bush și, între altele, încorporarea unor dispozitive numerice, a unui dispozitiv de memorie, a unui dispozitiv pentru efectuarea de operații logice, adică a elementelor fără care o calculatoare electronică actuală este de neconceput. Această propunere nu a putut fi însă realizată direct. Abia în timpul celui de-al doilea război mondial, în cursul proiectării unor dispozitive de tragere automată asupra unor ținte cu mișcare rapidă, au fost realizate unele dintre aceste idei. Wiener i-a propus lui S. Caldwell, profesor la Institutul tehnologic din

[29] A. M. Turing, *On computable numbers with an application to the Entscheidungsproblem*, Proc. Lond. Math. Society, ser. 2, vol. 42, 1946, pp. III, IV, 230—265.

Massachusetts, să utilizeze analizorul diferențial al lui Bush în calitate de model matematic al aparatului pentru reglarea tirului artileriei antiaeriene, ceea ce s-a și făcut. A regla înseamnă a prevedea. De aceea, Wiener, împreună cu Bigelow a trecut la elaborarea teoriei anticipării (a prevederii, a predicției), care a stat apoi la baza proiectării unei noi clase de mașini (mașini care aleg și adoptă decizii).

După cum se știe, fundamentul matematic al acestei teorii a fost elaborat (în 1941) de către A. N. Kolmogorov în U.R.S.S. Cam în același timp, Wiener și Bigelow au ajuns la concluzia că problemele tehnicii comenzii și ale tehnicii comunicării sînt inseparabile și că noțiunea care le sintetizează aici este cea de mesaj, conceput ca șir discret sau continuu de evenimente măsurabile, distribuite în timp. A apărut necesitatea de a se crea o teorie statistică a informației (a mesajelor). Ideea de cantitate de informație *(amount of information)* ca unitate de măsură a fost emisă aproape simultan de R. A. Fisher, celebrul statistician englez, de C. Shannon, de la laboratorul de telefonie al firmei „Bell", și de Wiener. Fisher a ajuns la această idee pe baza unui principiu al teoriei clasice a statisticii, lui Shannon i-a fost sugerată de problema codificării mesajelor, iar lui Wiener de problema zgomotului și a semnalului în filtrele electronice.

În 1943, J. Bigelow, N. Wiener și A. Rosenblueth au publicat o lucrare despre mecanisme teleologice [30], adică dispozitive care lucrează după un ciclu închis și în care forța motoare este diferența dintre starea finală a obiectului — scopul urmărit (de la grecescul τέλος) — și starea lui efectivă. Este cazul să menționăm că termenul de „mecanism teleologic" i-a indus în eroare pe unii dintre filozofii noștri. După cum se știe, teleologia este o doctrină idealistă, conform căreia totul în lume se desfășoară potrivit unui scop, deoarece Dumnezeu a introdus în fiecare organism un scop, un țel interior, care predetermină orientarea dezvoltării sale. Bigelow, Rosenblueth și Wiener au aplicat acest termen pentru a desemna o nouă clasă de dispozitive — cele care lucrează în conformitate cu un scop determinat — și nu în accepția sa religioasă și filozofică.

Autorii lucrării pleacă de la noțiunea de comportare a unui sistem, înțelegînd prin aceasta orice modificare a sistemului, care poate fi pusă în evidență din exterior. Ei disting o comportare activă și una pasivă. Comportarea activă se subîmparte

[30] Vezi „Philosophy and Science", vol. 10, nr. 1, 1943, pp. 18—24.

în două tipuri : aleatorie sau stochastică *(purposeless or random)* și teleologică (îndreptată spre un scop anumit — *purposeful*). Termenul *purposeful* înseamnă că acțiunea sau comportarea se poate interpreta ca fiind orientată spre atingerea unui scop, adică a unei stări finale în care respectivul obiect atinge o anumită relație în timp și în spațiu cu un alt obiect sau eveniment.

Autorii fac distincție între dispozitivele teleologice, adică cele orientate spre un scop sau, mai exact, cele care tind către un scop, și dispozitivele construite într-un scop determinat, dar care, după cum se exprimă ei, nu au condiții finale anumite, spre care să tindă cutare sau cutare dispozitiv. Astfel, ruleta, ceasornicul, pușca nu sînt *purposeful mechanisms*. În schimb, o torpilă cu mecanism de căutare a țintei, precum și diversele sisteme de urmărire sînt calificate ca mașini cu comportare conformă unui scop, care le este inerentă *(with intrinsec purposeful behavior)*.

Comportarea activă orientată spre un scop poate avea conexiune inversă negativă (teleologică) și poate să nu aibă conexiune inversă. Prin aceasta din urmă se înțelege lipsa unor semnale venite de la țintă, care modifică comportarea (activitatea) obiectului. Comportarea poate cuprinde elemente de prevedere (o pisică vînînd un șoarece) sau să fie lipsită de aceasta (un cîine polițist aleargă după o urmă, deoarece capătă informație sub formă de semnale chimice olfactive).

Wiener și colaboratorii săi consideră că analiza dinamică a comportamentului, aplicabilă atît mașinilor cît și organismelor vii, oricît ar fi de complexe acestea din urmă, pune în evidență o asemănare, o analogie între obiectele din lumea organică și din cea anorganică, în timp ce analiza funcțională subliniază deosebirile profunde dintre aceste obiecte.

Structura organismelor vii este eminamente coloidală (moleculele de proteină sînt mari, complexe și anizotrope). Mașinile sînt constituite din molecule simple. Din punct de vedere energetic, mașinile se caracterizează, de regulă, printr-o diferență de potențial relativ mare, care le permite să acumuleze repede energie. În organisme, energia se distribuie mai uniform, ea nu este prea mobilă. În mașinile și în aparatele electrice, conductibilitatea este electronică, pe cînd în organisme variațiile electrice sînt, de obicei, de origine ionică.

Lucrarea lui Wiener și a colaboratorilor săi despre mecanismele teleologice a servit ca punct de plecare pentru cercetări atît în domeniul automatelor naturale, cît și în al celor artificiale.

La Congresul internațional de cibernetică din iunie 1956, care s-a ținut la Namur (Belgia), unul dintre referenți, inginerul Olliver (Franța), a atras atenția asupra faptului că unele organisme vii seamănă ca structură cu sistemele automate care funcționează după un ciclu de operații stabilit rigid și nu posedă capacitatea de a reacționa la modificarea factorilor care determină comportarea sistemului. El a luat ca exemplu uva *(ammophile des sables)*, care se deosebește prin modul specific al înmulțirii sale. Uva își pregătește întîi o groapă în nisip, pentru a aduce apoi acolo o larvă pe care a paralizat-o printr-o înțepătură cu acul ei. Această larvă va servi ca mediu nutritiv pentru ouăle ei, pe care uva le depune în groapă, după care o acoperă foarte bine cu nisip. Se constată însă că uva nu este în stare să reacționeze nici măcar la un fapt cum este extragerea larvei din groapă în procesul depunerii ouălor. În cursul observării muncii insectei, cercetătorul scoate larva din groapă și lichidează deci baza nutritivă a ouălor, ceea ce nu împiedică însă uva să-și depună ouăle ca și cum nu s-ar fi întîmplat nimic și să le acopere apoi cu nisip.

Pe o anumită treaptă a evoluției, numeroase organisme sînt lipsite de conexiuni inverse determinate, de elemente sensoriale determinate (organele de reacție). Aceste organisme nu sînt în stare să se adapteze complet la schimbările mediului. Acțiunile lor sînt îndreptate spre un scop, dar nu întotdeauna conform cu scopul. Adesea, adecvarea la scopul acțiunilor lor se realizează datorită întîmplării. Același referent a citat ca exemplu comportamentul răgacei *(Lucanus cervus)*, cînd este răsturnată pe spate. În primele cîteva minute, ea execută mișcări pe deplin coordonate : la fel ca atunci cînd umblă pe pămînt, răgacea dă din picioare, se străduiește să-și desfacă elitrele pentru a-și elibera aripile. Aceste mișcări însă nu-i îngăduie să ia poziția normală ; rezultatul este că răgacea obosește și începe să se agite. Mișcările ei devin din ce în ce mai dezordonate. Picioarele zvîcnesc independent unul de altul, elitrele se ridică fiecare în parte. Printre combinațiile cele mai variate care apar în urma acestor mișcări dezordonate și dezorganizate, una este încununată de succes, și răgacea se pune pe picioare. După cum au arătat numeroase observații, aici nu este vorba de o „învățare", ci doar de o combinație întîmplătoare de mișcări dezordonate, care a readus răgacea în poziția normală.

Clasificarea propusă de Wiener și colaboratorii săi constituie o importantă etapă în constituirea ciberneticii, deoarece este o

încercare de analiză a dinamicii comportării unui sistem, indiferent dacă acesta aparţine lumii organice sau domeniului tehnicii.

În această ordine de idei, trebuie neapărat amintite cercetările mecanicianului sovietic I. I. Grdina, cunoscut specialist în domeniul reglajului automat al maşinilor. El a publicat, încă la începutul secolului nostru, o serie de lucrări consacrate dinamicii organismelor, în care s-a ocupat de sisteme dinamice cu aşa-numite conexiuni voliţionale [31].

Dintre lucrările în care se dezvoltă idei ce stau la baza clasificării expuse mai sus, trebuie menţionată cartea lui W. Ross Ashby, *Introducere în cibernetică* (1956), în care se dă o analiză generală a comportării sistemelor dinamice naturale şi artificiale, bazată pe principiul aşa-numitei „cutii negre". „Cutia neagră" este un receptacul plumbuit, cuprinzînd elemente necunoscute observatorului. Cutia are conductori la intrare şi la ieşire. Debitînd la intrare semnalele electrice şi studiind semnalele de la ieşire, observatorul trebuie să stabilească conţinutul cutiei, să tragă concluzii asupra elementelor şi structurii ei.

Grupul lui Wiener a făcut un important pas înainte în domeniul modelării aparatului activităţii nervoase superioare.

Încercări de a realiza o astfel de modelare s-au făcut şi anterior. Astfel, în 1922, fiziologul american F. Lilley a creat un „nerv artificial". Modelul de nerv consta dintr-o sîrmă de fier supusă unui anumit tratament chimic şi se comporta ca un nerv viu, atunci cînd era zgîriat cu un ac metalic sau inclus într-un circuit electric de înaltă frecvenţă. Wiener şi colaboratorii săi au depăşit aceste experimente şi s-au angajat pe calea modelării aparatului activităţii nervoase superioare cu ajutorul electronicii şi, în particular, cu ajutorul calculatoarelor electronice.

În 1943, Wiener şi-a împărtăşit consideraţiile unuia dintre cei mai mari matematicieni contemporani, J. von Neumann (Institutul de studii superioare de la Princeton), precum şi cunoscuţilor specialişti în domeniul tehnicii de calcul G. Eucker (Universitatea Harvard) şi Goldstein (Universitatea Pennsylvania). În iarna 1943—1944, la Princeton a avut loc prima Conferinţă unificată, convocată din iniţiativa lui Wiener şi a lui von Neumann. Tehnica de calcul electronică era reprezentată

[31] Vezi I. I. Grdina, *Dinamika jivih organizmov*, Ekaterinoslav, 1911; *Primeceaniia k dinamike jivih organizmov*, Ekaterinoslav, 1912; *Dopolnenie k dinamike jivih organizmov*, Ekaterinoslav, 1913.

prin Goldstein, din partea fiziologilor erau prezenţi McCulloch şi Lorente de Nô, de la Institutul Rockfeller, reprezentanţii matematicii erau Wiener, Neumann, Pitts. La conferinţă a fost adoptat un plan de lucrări în comun. În vara anului 1945, Wiener, care se afla în Mexic, la Institutul de cardiologie al lui Rosenblueth, a discutat cu Cannon, pe care l-am amintit mai sus, tematica concretă a unor cercetări din domeniul fiziologiei activităţii nervoase, în care să fie aplicate pe larg metodele statistice [32].

Aici a fost efectuată o analiză dinamică a flutterului miocardului. Merită atenţie faptul că O. G. Selfridge (Institutul tehnologic din Massachusetts), care a fost consultant al acestei lucrări, a construit ulterior un celebru model cibernetic: maşina cu autoînvăţare „Pandemonium".

Trebuie să menţionăm în mod deosebit rolul lui J. von Neumann în crearea ştiinţei ciberneticii. Dacă Wiener are meritul de a fi stabilit importanţa informaţiei în procesele de comandă şi control, von Neumann este autorul unor lucrări fundamentale în domeniul structurii sistemelor de comandă şi control, în domeniul cercetării principiilor generale ale construcţiei lor.

Totodată, von Neumann este autorul uneia dintre cele dintîi cercetări asupra teoriei jocurilor, care, după cum se ştie, are o mare importanţă pentru cibernetica actuală [33].

Începînd din 1946, în S.U.A. s-au ţinut sistematic conferinţe în legătură cu problemele ciberneticii. Pînă în prezent, au avut loc 10 conferinţe de acest fel. Rezultatele lucrărilor lor au fost publicate în culegerile „Cybernetics". În prima conferinţă (primăvara 1946), la Princeton s-au întrunit, în afară de grupul lui Wiener din 1945, cîţiva psihologi, sociologi şi antropologi. Prima conferinţă a fost consacrată problemei conexiunii inverse.

După conferinţă, Wiener şi Rosenblueth au efectuat la Institutul de cardiologie al Mexicului o amplă cercetare experimentală pentru stabilirea rolului conexiunii inverse în sistemul nervos. Ei au considerat muşchiul ca sistem dinamic aflat sub acţiunea unor forţe perturbatoare şi au cercetat procesele tranzitorii din sistem, folosind, între altele, metodologia expusă de McCulloch în cartea sa, *Teoria sistemelor de urmărire*, apărută în 1945.

[32] Rezultatele acestei lucrări sînt publicate în „Archiv of the Instituto de cardiologia", Mexico-City, 1946, vol. 16, pp. 205, 265.

[33] J. von Neumann, O. Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behaviour*, Princeton University Press, 1944.

Rezultatele acestei lucrări au fost comunicate la a doua Conferință de cibernetică (toamna 1946), precum și la o conferință a Academiei de Științe din New York (1946). S-a elaborat un plan de lucrări pe cinci ani, la a cărui realizare au luat parte Institutul Rockfeller, Institutul național de cardiologie al Mexicului și Institutul tehnologic din Massachusetts.

Unul dintre primele rezultate practice ale activității grupului de cibernetică al lui Wiener a fost un aparat care permite orbilor „să citească" texte tipărite, „cu auzul". Diverși inventatori au propus numeroase scheme care transformă cu ajutorul unei celule fotoelectrice literele de tipar în sunete de diferite tonuri. Dificultatea principală, care n-a putut fi rezolvată, consta în aceea că nu s-a reușit să se obțină ca tonul sunetului să devină independent de dimensiunea literei. Folosind o indicație a lui Wiener, McCulloch și Pitts au construit un aparat bazat pe principiul baleiajului de televiziune, unde fiecare semn este comparat cu un etalon. Fiziologul american Bonin, care a fost de față la demonstrarea aparatului a atras atenția asupra faptului că desenul aparatului seamănă foarte mult cu reprezentarea schematică a celui de-al patrulea strat din centrul vizual al scoarței cerebrale. Această observație s-a dovedit deosebit de prețioasă și a fost folosită în procesul perfecționării ulterioare a aparatului, precum și în elaborarea unei teorii a reproducerii imaginilor, care ține seama de particularitățile anatomice și fiziologice ale centrului vizual din scoarța creierului.

Această teorie a permis să se abordeze explicarea procesului de identificare a imaginilor, între altele a motivului pentru care percepem un pătrat drept pătrat, indiferent de variația dimensiunilor sale. S-a constatat că, modelînd stratul al patrulea al centrului văzului din scoarța cerebrală, se poate crea un sistem tehnic perfecționat, îngăduind, într-o anumită măsură, să înlocuim organul văzului.

În procesul construirii acestui dispozitiv modelator, s-a stabilit coincidența aproximativă a timpului baleiajului unui cadru în televiziune și a perioadei ritmului α al creierului.

Rezultatele lucrării acestui grup — atît cele teoretice, cît și cele experimentale — i-au permis lui Wiener ca, încă la începutul anului 1947, să termine în linii mari cartea care a văzut lumina tiparului în 1948. Trebuie menționat că discutarea manuscrisului ei nu a avut loc numai în S.U.A. În primăvara anului 1947, Wiener a fost invitat la un congres la Nancy, consacrat problemelor analizei armonice.

El a profitat de această călătorie în Europa pentru a discuta ideile fundamentale ale cărții cu mai mulți savanți din Anglia și din Franța. Timp de trei săptămîni, cît a stat în Anglia, Wiener a avut discuții asupra problemelor cibernetici cu Haldane, Turing, Bartlett, Levy și Bernal. În Franța, Wiener a avut posibilitatea unui schimb de opinii cu Blanc-Lapierre și cu Loeb. La conferința de la Nancy, referatele lor asupra analizei armonice au sintetizat, după expresia lui Wiener, ideile statisticii și ideile tehnicii telecomunicațiilor, sub un aspect care era în deplină concordanță cu punctul de vedere cibernetic. Printre persoanele cu care Wiener a discutat principiile fundamentale ale cărții sale a fost și biochimistul maghiar Szent-Györgyi, ale cărui idei în acest domeniu au coincis cu concepțiile autorului *Cibernetici*.

Lucrările grupului de discipoli ai lui Wiener apar în diverse publicații, însă organul permanent al acestui grup l-au constituit culegerile de lucrări ale conferințelor, pe care le-am amintit mai sus și care au apărut sistematic începînd din 1950. În aceste lucrări erau cercetate cele mai variate probleme: aspectul psihologic al percepției, potențialul nervos și adaptarea omului, teoria cuantică a memoriei, mecanismul eventual al proceselor de rememorare și de identificare, protezele sensibile; unele probleme referitoare la noțiunile de număr de o cifră în sistemul nervos central; modul și gradul în care poate fi denaturată vorbirea pentru a mai rămîne totuși inteligibilă; încercarea de studiere a limbilor primitive; folosul studiului abstracțiunilor lingvistice de ordin superior; formarea semnificațiilor cuvîntului; dezvoltarea limbajului în fragedă copilărie; legătura dintre funcțiunea simbolică în formarea limbajului și în nevroză; relația dintre conștient și subconștient, hipnoza; comunicarea între animale; mașina care rezolvă probleme; proprietățile logice ale mașinii; rolul stării de spirit în comunicarea dintre oameni; importanța emoțiilor în sistemele cu conexiune inversă; evoluția și învățarea la caracatiță; numărul de funcții booleene; excitația și inhibiția centrală; un automat care joacă șah; perturbația ca stimulare aleatorie a organelor de simț; cercetarea transmiterii semnalelor prin căile nervoase; mecanismele conexiunii inverse în biologie.

Dezvoltarea cibernetici a stimulat, în particular, apariția și dezvoltarea unei noi clase de dispozitive tehnice. Elementul principial nou al acestor mașini rezidă în proprietatea lor de a efectua operații logice, nu numai acumulînd mecanic informație,

ci şi confruntînd-o cu diversele acţiuni exterioare, trăgînd concluzii despre necesitatea unei anumite reacordări a parametrilor sistemului, sau chiar asupra modificării conexiunilor sale structurale.

De exemplu, în anii 1951—1952, savantul englez G. Walter, specialist în electroencefalografie, a construit, împreună cu soţia sa, cîteva broaşte ţestoase electronice care se mişcă spre un izvor luminos. Una dintre ele, Elsie (Electro-Light-Sensitive-Internal-External) se mişca prin cameră, găsindu-şi drumul spre izvorul de lumină în labirintul mobilei, iar atunci cînd rezerva ei de energie din acumulator se epuiza, broasca ţestoasă se apropia singură de „culcuşul" ei şi se conecta automat la sursa de curent pentru a-şi încărca acumulatorul.

În 1951, Shannon a construit dispozitivul electromagnetic „şoarecele", care se mişcă spre o bucată de „slănină" printr-un labirint cu un mare număr de pereţi despărţitori. Intîi, şoarecele „descoperea" drumul, după ce se lovea de numeroşii pereţi despărţitori ai labirintului, apoi îl memora şi cînd era pus a doua oară să caute bucata de „slănină", se „îndrepta" sprea ea pe drumul direct [34].

Cea mai interesantă maşină este homeostatul lui Ashby. Cannon arătase, încă la începutul secolului, că organismele vii, asemenea dispozitivelor tehnice din laborator, din uzină, din uzul casnic, întreţin automat constanţi mai mulţi parametri de importanţă esenţială pentru ele (pentru organisme), cum sînt temperatura, nivelul zahărului în sînge, conţinutul de apă în ţesuturi etc. Această capacitate a organismelor vii de a se adapta la mediul ambiant şi de a realiza un echilibru stabil între organism şi mediu a fost denumită de Cannon homeostază.

Pentru a menţine în permanenţă acest echilibru indispensabil, organismul viu posedă capacitatea de a se adapta la mediu.

Maşina este lipsită de proprietatea de adaptare. Aşa se considera pînă în 1952, declară Wiener, cînd Ashby a publicat cartea *Proiectul unui creier*, în care era descris homeostatul său. Sarcina homeostatului nu consta numai în a menţine stabilitatea, ci şi în a afla şi a întreţine relaţia dintre parametrii în care echilibrul va fi stabil. Prin urmare, homeostatul posedă capacitatea de autoorganizare, iar Ashby îl consideră drept un

[34] Vezi C. E. Shannon, *Presentation of a maze solving machine*, „*Cybernetics. Transactions of the VIII Conference*", N.Y., 1951, pp. 173—180.

model de dispozitiv care este în stare să conserve, între anumite limite, constantele biologice despre care a fost vorba mai sus.

În cartea *Cibernetica şi societatea*, Wiener scrie că invenţia lui Ashby constituie începutul unei clase de maşini principial noi, capabile să studieze situaţia singure, într-o anumită măsură, şi să adopte decizii pe baza rezultatelor acestui studiu.

Primul homeostat al lui Ashby era constituit din cinci sisteme de urmărire: patru principale şi unul auxiliar. În prezent, a fost construit un nou homeostat constituit din 20 de sisteme de urmărire elementare şi se proiectează unul format din 100 de sisteme de urmărire, în care tuburile electronice vor fi înlocuite cu transistori.

În 1953, C. E. Shannon şi E. F. Moore au publicat o lucrare consacrată descrierii unei maşini pentru analiza şi proiectarea schemelor cu contacte şi relee [35]. Această maşină „verifică" concordanţa dintre schemă şi condiţiile tehnice dinainte date, „simplifică" schema, punînd în evidenţă contactele superflue. Aceste două lucrări atestă că, într-un timp extrem de scurt, cibernetica a parcurs calea de la formularea problemei generale la construirea efectivă a unor maşini de un tip principial nou. Trăgînd concluziile scurtei noastre treceri în revistă, putem enunţa unele teze generalizatoare.

Cibernetica nu a apărut ca Venus din spuma mării, ci în urma dezvoltării seculare a unor idei, metode şi mijloace în diverse domenii ale ştiinţei şi tehnicii. După cum trirema comandată de primul cibernet al Greciei antice se deosebeşte de navasatelit a Pămîntului, pe care o dirijează prin radio un inginer sovietic, tot astfel se deosebeşte cibernetica elenă de cea contemporană. Cibernetica este, în primul rînd, o ştiinţă complexă, care îmbrăţişează şi sintetizează rezultate şi realizări ale multor ştiinţe, mai cu seamă din domeniul matematicii, fizicii, biologiei, biofizicii, tehnicii, economiei.

Schimbul de idei între aceste domenii ale ştiinţei şi interdependenţa lor au avut iniţial un caracter întîmplător, dar treptat, de-a lungul multor secole, ele au devenit sistematice. Astăzi apare cel mai clar legătura dintre fiziologie şi tehnică. În secolul al XX-lea, interacţiunea domeniilor tehnicii şi fiziologiei, în particular, „tendinţa instrumentală" în fiziologie, şi-au găsit expresia cea mai completă. Putem menţiona, bunăoară, că multe

[35] Vezi C. E. Shannon, E. F. Moore, *Machine Aid for Switching Circuit Design*, „Proceedings of J.R.E.", v. 41, nr. 10, 1953, pp. 1348—1351.

puncte de creştere din domeniul fiziologiei coincid cu inventarea şi folosirea unor aparate automate corespunzătoare.

La rîndul ei, analogia dintre organismul viu şi dispozitivul tehnic este completată treptat cu un conţinut creator şi devine utilă în construirea dispozitivelor tehnice care reproduc funcţiuni ale aparatului activităţii nervoase superioare (cum ar fi calculul, comanda după program, reglajul automat etc.). Dispozitivele şi sistemele de comandă automată nu servesc numai ca mijloace auxiliare pentru efectuarea cercetărilor şi a experimentelor în fiziologie, ci se folosesc şi ca un fel de modele ale organismelor vii, în calitatea lor de sisteme dinamice cu conexiune inversă.

Analogia dintre organismul viu şi maşină se transformă din procedeu în metodă de analiză. Inginerii şi fiziologii au început să utilizeze această metodă pentru a cerceta legile structurii şi principiile funcţionării sistemelor automate naturale (create de natură) şi artificiale (create de om).

Apropierea reprezentărilor asupra organismului viu şi asupra unui sistem artificial cu autoreglaj şi-a găsit expresia în metoda unitară a descrierii şi interpretării structurii şi comportării lor, pe baza statisticii.

Din a doua jumătate a secolului trecut, se simte tot mai puternic insuficienţa cercetării mişcării diverselor sisteme mecanice numai cu ajutorul ecuaţiilor mecanicii clasice. Aceasta devine deosebit de clar în privinţa sistemelor cu un mare număr de grade de libertate.

S-a constatat că aplicarea metodelor de analiză statistice ne permite să punem în evidenţă legi de un tip deosebit, determinate tocmai de acest mare număr de grade de libertate.

Unele probleme ale ştiinţei sistemelor de comandă

V. A. ILIN
doctor în ştiinţe tehnice

Dezvoltarea ştiinţei contemporane se caracterizează prin apariţia unor noi domenii ale cunoaşterii, aflate la zona de contact a diverselor ştiinţe şi discipline ştiinţifice şi care studiază procese avînd loc concomitent în fizică, în chimie, în biologie, în astronomie etc. sau în cîteva domenii diferite. Aceasta este valabil pentru teoria oscilaţiilor, teoria reglajului automat, teoria informaţiei, teoria algoritmilor, teoria testelor, logica matematică, teoria jocurilor, teoria proceselor statistice etc.

Acumularea de cunoştinţe ştiinţifice obiective este însoţită de dezvoltarea tuturor ştiinţelor şi de apariţia unor noi domenii ştiinţifice. Astfel, constituirea fizicii atomice s-a produs în secolul al XX-lea, deşi unele dintre problemele ei au început să fie studiate considerabil mai devreme.

Pentru ştiinţe ca biologia, chimia, astronomia, fizica atomică etc. este caracteristică prezenţa unui întreg ansamblu de elemente distincte, specifice pentru fiecare ştiinţă, care interacţionează unele cu altele şi formează structuri determinate. Ştiinţa studiază aceste elemente şi interacţiunea lor, elaborează metode de analiză şi de construire din elemente a unor formaţiuni sau sisteme mai complicate, adică elementele, formarea şi interdependenţele lor reprezintă un obiect al cercetării. Ne vom mărgini la următoarele exemple: fizica atomică studiază electronul, protonul, mezonii etc., precum şi interacţiunea lor. Chimia studiază formaţiunile şi interdependenţele atomice şi moleculare, iar cristalografia se ocupă de interdependenţele, de formaţiunile moleculare care constituie structurile cristaline.

Toate acestea pot fi aplicate şi altor ştiinţe, în care ansamblele de elemente nu sînt create de natură, ci sînt artificiale, create de om (ştiinţele umanistice şi tehnice).

Sistemele de comandă şi control din tehnică şi sistemele de comandă din organismele vii sînt constituite din elemente caracteristice, îmbinate într-o anumită succesiune şi avînd structuri determinate. Dintre acestea fac parte, în tehnică: elementele sensibile (sesizori, traductori), amplificatori, transformatori, diversele elemente logice, liniile de comunicaţii, elementele corectoare, organele de comandă etc. În organismele vii, avem: receptorii, neuronii de diverse tipuri, fibrele nervoase, efectorii, care formează sisteme de comandă cu o structură determinată. Trebuie subliniat că un sistem de comandă complex poate fi împărţit convenţional în sisteme simple şi în elemente ale acestora.

Elementele indispensabile pentru orice sisteme de comandă, care constituie limita inferioară a complexităţii sistemelor, le denumim în mod convenţional elemente de comandă. Aceste elemente ne permit ca, prin intermediul unei mici cantităţi de energie care li se comunică, să dirijăm un flux de energie mare. Cele mai simple dintre ele sînt întrerupătorii electrici care, de exemplu, în condiţiile unui efort infim care li se aplică, permit să punem în mişcare un motor relativ puternic. Dintre aceste elemente fac parte diversele tipuri de amplificatori (electronici, magnetici, din semiconductori etc.), potenţiometrele electrice etc.

Mărimea fluxului de energie de la ieşirea elementului de comandă depinde de acţiunea de comandă (de semnalul) aplicat la intrarea lui. În tehnică, se foloseşte un mare număr de elemente electrice, mecanice, pneumatice etc., bazate pe diverse principii de funcţionare şi care diferă prin parametri, prin rapiditatea acţiunii lor (acţiunea releelor cu caracteristică liniară etc.). Ele pot realiza coeficienţi de amplificare deosebit de mari, în condiţiile cărora dirijarea unor mari fluxuri de energie se efectuează în condiţiile unei puteri infime a acţiunii de comandă (a semnalului). Aceasta permite să transmitem informaţie prin semnale de o energie foarte mică şi să înlăturăm relaţia directă dintre informaţie şi puterea (nivelul) semnalelor care o transmit. Astfel, o puternică centrală electrică poate fi pusă în funcţiune de la distanţă, prin transmiterea unui semnal a cărui putere este de 10^{20} ori mai mică decît puterea centralei.

Să considerăm cele mai elementare sisteme pentru comanda automată a unor maşini. În fig. 1 este redată schema-bloc a celui mai simplu sistem fără conexiune inversă şi care acţionează după un program dat.

Programul de funcţionare al sistemului se fixează în dispozitivul de comandă, în interiorul elementelor de memorie. Dispozitivul de comandă transmite semnale de comandă şi control (comenzi, ordine), în conformitate cu informaţia conservată în elementele memoriei sale. Aceste semnale acţionează asupra

Fig. 1

organului de comandă, care efectuează modificările corespunzătoare în obiect. Acesta este sistemul de comandă al maşinilor-unelte de frezat, de strunjit etc., care lucrează cu un program înregistrat pe cartele perforate sau pe bandă magnetică. Sistemul are adesea conexiuni inverse în cadrul unuia sau al mai multor elemente, dar nu are conexiune inversă a obiectului cu dispozitivul de comandă. După această schemă, într-o formă simplificată, sînt construite şi diverse automate ciclice, cum sînt strungurile-revolver, maşinile de imprimat etc.

În organisme, toate sistemele de comandă au o structură mai complicată. Se pare însă că diversele funcţiuni de comandă se realizează după schema din fig. 1 (expresie a reflexelor necondiţionate). Astfel, diversele specii de peşti efectuează, în perioada reproducerii, un program de acţiuni cu o succesiune complicată, transmis ereditar şi legat de migraţiunile lor din mare în rîuri, de deplasarea împotriva curentului rîurilor, uneori pe distanţe de mii de kilometri, de săparea unor gropi în fundul rîurilor etc. Descendenţa se conservă numai în cazul cînd programul de acţiuni corespunzător este îndeplinit, ceea ce se integrează în conservarea speciei în ansamblu. În cazul de faţă, conexiunea inversă se realizează de la o generaţie la alta, ceea ce asigură selecţia naturală şi adaptarea la mediu. În schimb, pentru o generaţie dată nu există o manifestare a conexiunilor inverse în reflexul necondiţionat. Analog, nici construcţia maşinilor-unelte automate enumerate mai sus nu prezintă conexiune inversă între obiect şi dispozitivul de comandă. Proiectantul poate introduce însă corective într-un nou lot de maşini-unelte, construite la o uzină, pe baza experienţei acumulate în exploatarea maşinilor-unelte automate produse anterior.

În fig. 2 este reprezentată schema-bloc a unui alt sistem de comandă : cu conexiune inversă de la obiect. Aici se introduce în plus în sistem un element de măsurare (un element sensibil), care reacționează la valoarea unui anumit parametru al obiectului (traductorul de tensiune, de curent, de deplasare mecanică, de presiune etc.).

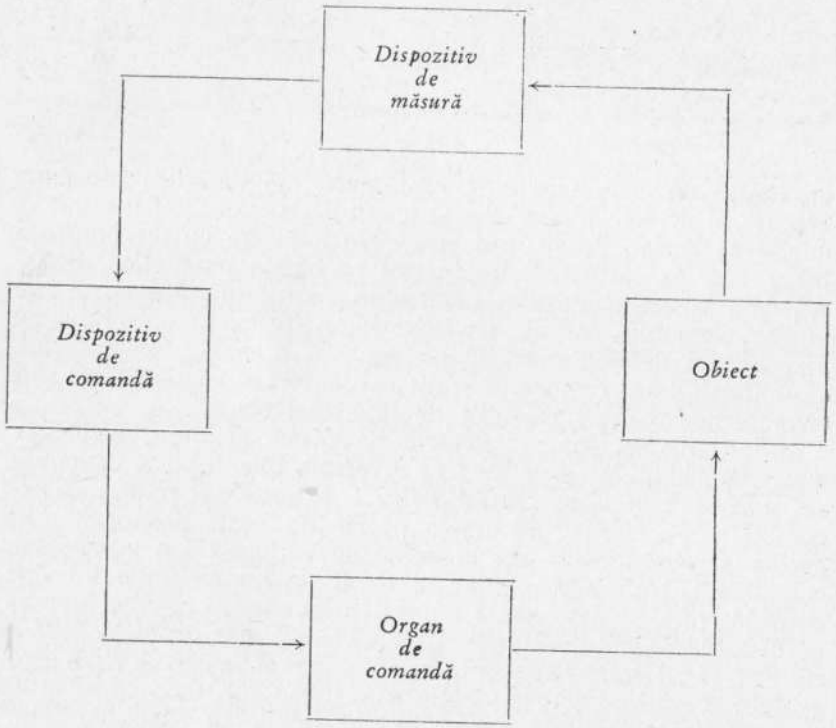

Fig. 2

În cazul cel mai simplu, sistemul de comandă are o conexiune inversă cu acțiune de releu. Dacă parametrul măsurat depășește o anumită valoare, intră în funcțiune conexiunea inversă și acțiunea (semnalul) de comandă se transmite la organul de comandă, care efectuează operația de releu (de exemplu, stabilirea sau întreruperea curentului). Adesea, funcționarea sistemului are un caracter unic.

Din sistemele cu conexiune inversă care acționează ca un releu fac parte diverse dispozitive de protecție : supape pentru presiunea maximă a aburului, întrerupători electrici și pneumatici maximi, sistemele de protecție din sistemele energetice, precum și dispozitivele pentru reconectarea la rețea a motoarelor electrice, diferite tipuri de mine etc.

În sistemele cu conexiune inversă cu acțiune de releu, dispozitivul de comandă poate da, în plus, un anumit program de lucru al obiectului, în legătură cu care informația este conservată în elemente speciale ale memoriei. Atunci cînd intră în funcțiune releul, are loc în dispozitivul de comandă transmiterea semnalelor acestui program la intrarea organului de comandă, adică se transmite informație și, corespunzător, acțiunea asupra obiectului, în conformitate cu programul dinainte stabilit. Aceasta este schema de comandă a dictafoanelor automate, a unor anumite tipuri de mașini-unelte, a dispozitivelor de protecție în caz de avarie etc.

Analogii acestor sisteme în organisme sînt sistemele de protecție împotriva unei iluminări prea puternice și neprevăzute prin închiderea spontană a pleoapelor, sistemele de apărare împotriva înțepăturii sau arsurii (de exemplu, prin retragerea bruscă inconștientă a brațului etc.).

Potrivit schemei din fig. 2 sînt construite și diverse sisteme de regulatoare automate, cu conexiune inversă permanentă. În regulatorul cel mai simplu, dispozitivul de comandă constă dintr-un element care compară cu o mărime dinainte stabilită. Diferența dintre mărimea măsurată și cea dinainte dată se transmite la organul de comandă. Pentru îmbunătățirea caracteristicilor regulatorului, se încorporează în el elemente diferențiale, integrale, elemente neliniare etc. Regulatoarele automate se utilizează pe scară largă pentru reglajul temperaturii, al nivelului lichidelor, al tensiunii, al vitezei de rotație etc.

Teoria reglajului automat, care s-a dezvoltat pe baza teoriei oscilațiilor, a atins în prezent un înalt nivel și este o ramură fundamentală a automaticii.

Regulatoarele din organisme, care acționează fără participarea conștiinței, au o structură relativ complicată. Dintre acestea fac parte regulatoarele care îndeplinesc funcțiunile de menținere a temperaturii, a concentrației zahărului și a celorlalte componente din sînge, regulatoarele echilibrului etc.

După schema din fig. 2 pot fi construite și sisteme de comandă mai complicate, de exemplu, cu dispozitiv de comandă sub formă

de calculatoare numerică care elaborează ordine (semnale de comandă), pe baza informației obținute de la elementele de măsură și în conformitate cu programul ei.

În cibernetică a fost formulată și se rezolvă problema creării unor mașini care se adaptează la condițiile exterioare, analoge organismelor care posedă această capacitate remarcabilă.

Proprietățile obiectelor comandate pot varia în cursul timpului sub acțiunea agenților climatici și de altă natură, care sînt în mare măsură aleatori (zborul unui avion cînd variază condițiile meteorologice etc., funcționarea unui motor cînd variază solicitarea și proprietățile carburantului, funcționarea unui laminor în condiții complicate, procesul de furnal etc.). Dacă sistemul de comandă menține la început regimul optim, funcționarea sa poate să se înrăutățească, în cazul cînd se schimbă condițiile exterioare.

Dintre sistemele de comandă cele mai simple, care depind de proprietățile obiectului, fac parte regulatoarele automate extremale, în care se măsoară parametrii obiectului și se realizează căutarea (sondajul periodic) în vecinătatea valorii extreme a caracteristicii de lucru, cu scopul menținerii regimului optim. Pe acest principiu de funcționare se bazează, de exemplu, regulatoarele extremale care realizează acordarea automată a receptoarelor radio la frecvența de rezonanță. În prezent, pentru rezolvarea diverselor probleme tehnice, s-au elaborat și se folosesc mai multe regulatoare extremale (sisteme cu autoacordare). Din punct de vedere matematic, regulatoarele extremale realizează o metodă organizată de aproximații succesive.

Dintre sistemele mai complicate, putem cita sistemele de comandă „instruibile"; în prezent mașinilor li se elaborează forme de învățare încă simple, cum sînt „reflexe condiționate" și „deprinderi" elementare. Sistemele cu învățare conțin atît dispozitive pentru rezolvarea unor operații logice, cît și un dispozitiv de memorie. Instruibilitatea poate fi considerată ca un proces stochastic, în care sistemul de comandă modifică probabilitatea unei anumite acțiuni (reacții), dacă condițiile exterioare variază în decursul timpului.

Ca exemplu de sistem elementar cu învățare putem cita „broasca țestoasă" a lui Grey Walter, care imită elaborarea unui „reflex condiționat", sau labirintul lui Shannon, în care un „șoarece", după ce a rezolvat problema prin metoda unor încercări succesive, repetă aceeași soluție fără nici un fel de eroare. Primii pași în domeniul creării unor sisteme de comandă

cu învățare deschid vaste perspective pentru elaborarea unor mașini automate care rezolvă probleme mai complicate. Toate aceste probleme se pot soluționa și cu ajutorul unei calculatoare numerice, dacă i se comunică un anumit program de acțiune (algoritm).

Pe măsura complicării sistemelor de comandă, capătă tot mai multă importanță tratarea statistică și metodele de cercetare statistice, care sînt fundamentale în cibernetică.

Posibilitățile și tipurile sistemelor de comandă sînt departe de a se limita la exemplele concrete, discutate larg în ultimul timp în literatură; ele se limitează cu atît mai puțin la cele descrise mai sus. Este în afară de orice îndoială că dezvoltarea științei comenzii și controlului va permite să se rezolve problema analizei și sintezei unor mașini considerabil mai complicate și mai perfecționate.

În prezent, putem urmări originea și istoria științei sistemelor de comandă și control, precum și să analizăm sistemele de comandă relativ simple ale unor mașini, dar limitele superioare ale acestei științe și posibilitățile sistemelor de comandă mai complicate sînt, deocamdată, greu de apreciat. După cum am mai menționat, limitele inferioare ale celor mai simple sisteme de comandă sînt determinate de prezența cel puțin a unui element de comandă, a unui organ de comandă și a obiectului comandat. De aceea, nu toate sistemele bazate, de exemplu, pe proprietățile de reflectare a materiei pot fi clasificate în rîndul sistemelor de comandă (sisteme de corpuri cerești care se mișcă în interacțiune, ca sistemul solar etc.). Limitele superioare ale sistemelor de comandă nici nu pot fi definite, după cum este imposibil să răspundem la întrebarea: care este cea mai mare moleculă posibilă? Chiar din elementele existente se pot constitui foarte multe sisteme de comandă diferite. Dintre acestea, numai un număr cu totul infim de tipuri de sisteme asemănătoare este realizat în tehnică, în biologie și în societate. Sistemele de comandă cele mai complicate, care se pretează foarte greu — iar adesea chiar de loc — unei descrieri matematice, se întîlnesc în societate.

Cercetarea care nu se limitează numai la sistemele de comandă existente prezintă un mare interes pentru dezvoltarea viitoare a științei și are, fără îndoială, o mare însemnătate practică. Elementele sistemelor de comandă din tehnică și din organismele vii se deosebesc esențial unele de altele prin parametrii și prin proprietățile lor. În numeroase cazuri diferă și

structurile sistemelor. De aceea, deşi multe dintre legile lor sînt comune, este inadmisibil să tratăm mecanic şi să identificăm sistemele de comandă din tehnică şi cele din organismele vii. Domeniile ştiinţei în care sînt studiate sistemele de comandă din tehnică şi sistemele de comandă din organismele vii formează capitole fundamentale ale ştiinţei sistemelor de comandă. La fel ca în chimie, avem şi aici o diferenţă esenţială, ca aceea dintre chimia organică şi cea anorganică.

Viteza de propagare a semnalelor în fibra nervoasă variază la om de la cîteva zeci pînă la sute de metri pe secundă, în timp ce viteza de propagare a curentului electric prin conductori se apropie de 300 000 km/s, adică este cam de un milion de ori mai mare. Dacă rapiditatea de acţiune a neuronului este de ordinul sutimii de secundă, în schimb, în calculatoarele numerice, rapiditatea de acţiune a elementelor tehnice analoge este de zecimi şi sutimi de microsecundă, adică iarăşi cam de un milion de ori mai mare. Aceasta ne permite să prelucrăm în fiecare secundă în calculatoarele numerice o cantitate de informaţie considerabil mai mare decît în creierul omului.

După cum menţionează N. Wiener, numărul de regulatoare şi de alte sisteme de comandă din organismul omului este suficient pentru dotarea unei uzine mari. Regulatoarele temperaturii sîngelui, tensiunii etc. menţin valoarea parametrului reglat cu o precizie care, în organismul sănătos, nu depăşeşte zecimi de procent. În schimb, în tehnică s-au construit şi se exploatează regulatoare automate cu o precizie mult mai înaltă. Astfel, regulatoarele acordării automate a aparatelor de radiorecepţie au o precizie a acordării frecvenţei cu cîteva ordine mai mari.

Sînt interesante cercetările psihologice informaţionale asupra omului, efectuate pe un front larg în S.U.A., în R.D.G., în R.F.G. şi în alte ţări. Conform rezultatelor acestor cercetări, făcute la Universitatea Harward şi la firma „Radio Corporation of America" (S.U.A.), omul este capabil să recepţioneze un flux maxim de informaţie prin organele văzului, auzului, tactului etc. care nu depăşeşte 30—50 bit/s. Această limită nu este determinată de capacitatea de trecere a organelor, care pot transmite o cantitate de informaţie mult mai mare în fiecare secundă (de exemplu, văzul), ci de capacitatea de trecere a creierului, care este limitat în ceea ce priveşte prelucrarea cantităţii de informaţie pe unitatea de timp. Trebuie menţionat că maşinile numerice de calcul pot prelucra, de pe acum, de sute şi mii de ori mai multă informaţie pe secundă decît creierul. O dată cu dezvoltarea tehnicii, cantitatea de informaţie prelucrată pe secundă cu calculatoarele numerice creşte repede.

Dacă în sistemele de comandă tehnice numărul maxim de elemente este egal cu zeci sau sute de mii, creierul omului are 10—15 miliarde neuroni, fiecare cu o organizare relativ complicată. De aceea, sistemul de comandă complex al omului este incomparabil mai complicat şi mai universal decît orice sistem de comandă tehnic. Dar sistemele de comandă tehnice pot rezolva cu o viteză considerabil mai mare şi cu mai multă precizie probleme riguros limitate şi descrise formal. Pe măsura dezvoltării tehnicii şi a ştiinţei sistemelor de comandă, numărul acestor probleme tot mai complicate este în continuă creştere.

Multe sarcini de comandă din tehnică pot fi îndeplinite cu ajutorul unor sisteme simple sau complexe, formate din regulatoare automate, sisteme de protecţie, regulatoare extremale, sisteme cu program dat, maşini instruibile etc. Astfel de sarcini de comandă, precum şi altele mai complicate se pot rezolva cu ajutorul unei calculatoare numerice, înzestrată cu elemente sensibile şi cu organe de comandă corespunzătoare. Oportunitatea alegerii primei căi sau a celei de-a doua depinde de condiţiile concrete. Aici putem trasa o analogie între funcţiunile măduvei şi ale creierului la om.

Particularitatea caracteristică şi principală a tuturor sistemelor de comandă constă în codificarea, conservarea, prelucrarea şi transmiterea informaţiei atît de la un element al sistemului la altul, cît şi între elementul comandat şi sistemul întreg în cadrul celor mai variate procese (chimice, biologice, electrice etc.). Drept urmare, sistemul introduce o oarecare organizare, o regularitate în mişcarea sau în procesul obiectului comandat. Sistemele de comandă perfecţionate sînt capabile să introducă o mare organizare, care se evaluează cantitativ, într-o formă generală, prin cantitatea de informaţie.

Surplusul cantităţii de informaţie la ieşirea sistemului de comandă este egal cu diferenţa dintre entropii înainte de punerea în funcţiune a sistemului de comandă şi după aceea.

Una dintre problemele fundamentale în ştiinţa sistemelor de comandă trebuie să fie aceea a eficienţei comenzii şi controluiui, constînd în alegerea structurii celei mai eficiente, a parametrilor, a elementelor şi a regimului de funcţionare care prezintă cea mai mare eficacitate. Aceeaşi sarcină de comandă se rezolvă neunivoc şi poate fi soluţionată prin mijloace tehnice diferite. Aceasta are loc şi în sfera activităţii umane. De exemplu,

atunci cînd un om învață să conducă un automobil, toate funcțiunile de comandă sînt inițial efectuate de creier. Ulterior, o bună parte a funcțiunilor de comandă mai simple este transmisă măduvei, și unei anumite părți a creierului (reflexe condiționate elaborate).

Dat fiind că sarcinile de comandă și control au cîteva sau multe soluții, se pune problema soluției extremale după anumiți parametri (productivitatea maximă, randamentul maxim etc.).

Pentru regulatoarele automate, problema eficienței comenzii se reduce, în fond, la calitatea reglajului, în timp ce pentru sistemele mai complicate ea este legată de posibilitățile adaptării la modificările din obiect sau din mediul ambiant.

A doua problemă importantă a comenzii este aceea a siguranței, care constă în asigurarea unui anumit grad de fidelitate, de adecvare a funcționării sistemului în condițiile diverselor perturbații și defecțiuni din sistem (acțiunea paraziților, siguranța structurală și siguranța aparatelor). Studiul acestor probleme creează posibilitatea analizei și sintezei științifice a sistemelor, care rezolvă diverse sarcini de comandă și control. Aici, disciplinele științifice care se ocupă de procese avînd loc în același timp în fizică, în chimie, în biologie, și care aparțin în mare măsură sferei proceselor de comandă și control, sînt teoria oscilațiilor, teoria informației, teoria reglajului automat, teoria algoritmilor, logica matematică, teoria jocurilor, teoria testelor și teoria proceselor statistice. Ele constituie fundamentul științei sistemelor de comandă, iar dezvoltarea lor determină, într-o măsură considerabilă, dezvoltarea viitoare a științei sistemelor de comandă.

În ultimul timp, începe să fie folosit în literatura tehnică științifică termenul de „mașini gînditoare", transferat în tehnică din sfera activității umane, la fel cum s-a întîmplat în trecut cu termeni ca oboseala metalelor, memoria mașinilor, elemente sensibile, organe efectoare etc.

Firește, oboseala metalelor și oboseala omului nu sînt același lucru. Între aceste noțiuni există o deosebire principială, la fel ca între noțiunea de „memorie a unei mașini" și memoria animalelor sau a omului.

Identificarea mecanică a unor procese calitativ diferite poate duce la erori grave. În primul caz, noțiunile se referă la materia anorganică și la dispozitive cu legi mai simple, pe cînd în al doilea caz ele se referă la materia vie, cu o organizare și cu legi incomparabil mai complicate. Totuși, și într-un caz și în celălalt, procesele fundamentale prezintă foarte multe trăsături comune. Aceasta a făcut ca termenii „oboseala metalelor" și „memoria mașinilor" să capete o largă întrebuințare, cu toată opoziția unor specialiști și oameni de știință.

Aceasta este valabil și în privința noțiunii „mașini gînditoare", cu singura deosebire că acest termen încă nu este unanim acceptat și apare întrucîtva neobișnuit. De aceea, nu credem că are rost să ne ridicăm împotriva folosirii termenului „mașini gînditoare", cu atît mai mult cu cît, renunțînd la el, va trebui să găsim un nou termen, care să-l înlocuiască.

Desigur, nu trebuie să identificăm mecanic procesele care au loc într-o „mașină gînditoare" și în creierul omului. Ar fi greșit să credem că mașina poate „gîndi" la fel cu omul și că ar avea aceleași posibilități ca și omul. Activitatea omului a fost și va fi totdeauna mai variată, mai universală și mai creatoare. Un robot omnilateral, universal este o utopie. Nu avem posibilitatea practică de a crea o mașină care să posede în activitatea fizică și intelectuală, aceeași multiplicitate de posibilități ca omul. În plus, nici nu este nevoie de așa ceva, cu atît mai mult cu cît omul creează mașinile și le va construi totdeauna în așa fel, încît ele să-l ajute în activitatea sa. Astfel, pentru efectuarea unei munci mecanice (fizice), se construiesc mecanisme cu o specializare relativ îngustă, ca mașinile de frezat, de strunjit, de săpat etc.

De asemenea, nu pot fi considerate progresiste susținerile neîntemeiate că o mașină sau un sistem de mașini nu va fi în stare, nici în condițiile dezvoltării viitoare, să îndeplinească anumite funcțiuni de comandă și control de o natură foarte complicată și creatoare.

Mai mult, cunoștințele noastre asupra sistemelor de comandă ale omului se lărgesc continuu și putem afirma că omul este capabil să cunoască structura și legile care guvernează creierul. Dacă vom cunoaște structura și procesele care au loc în sistemele de comandă ale omului, vom fi în stare să le și descriem cu un grad de adecvare mai mare. Concomitent, cunoștințele noastre în modelarea celor mai variate procese se lărgesc mereu, și chiar în situația actuală a științei și a tehnicii putem crea sisteme de comandă artificiale foarte complicate. În acest scop, trebuie, în primul rînd, să studiem și să descriem structurile și procesele din sistemele modelate. Din nefericire, știm încă foarte puțin despre sistemele de comandă ale organismului viu.

Putem afirma chiar mai mult. Dezvoltarea evolutivă a omului şi perfecţionarea sistemelor de comandă ale unui individ uman au loc, din cauza unor restricţii biologice, considerabil mai încet decît dezvoltarea maşinilor şi a sistemelor de comandă. În plus, omul poate crea elemente şi sisteme de comandă mai perfecţionate pentru îndeplinirea unor anumite funcţiuni de comandă şi control, după cum au fost construite maşini-unelte şi întregi complexe productive, care efectuează mai bine, mai desăvîrşit şi cu viteză mai mare o anumită muncă decît ar putea să o facă mîinile omului.

Aici putem face o paralelă între prima revoluţie industrială, care l-a scutit pe om de îndeplinirea celei mai grele şi mai obositoare munci fizice, şi actuala revoluţie tehnică, legată de automatizarea producţiei, care va permite să-l eliberăm pe om de munca grea — adesea dăunătoare şi obositoare — de conducere directă a maşinilor şi a proceselor de producţie.

În aceste condiţii, omului îi revine o muncă mai calificată, în principal controlul funcţionării maşinilor, astfel că, prin introducerea automatizării, activitatea omului în societatea socialistă devine mai variată, mai creatoare şi mai interesantă.

Nu este oare o înfăptuire creatoare a omului construirea sistemelor de comandă actuale, precum şi dezvoltarea lor impetuoasă? Creatorul acestor maşini şi sisteme de comandă — omul — le va putea construi întotdeauna aşa încît ele să fie auxiliarii săi credincioşi şi să-i uşureze munca.

Nu credem că este recomandabil, chiar dacă ar fi cu putinţă, să încredinţăm maşinii multe funcţiuni chiar dintre cele mai complicate pe care le poate efectua omul. Este vorba, în primul rînd, despre domeniul artelor, al psihologiei, legate de manifestarea unui interes, de un factor moral, de afectivitate etc.

Ştiinţa sistemelor de comandă şi control se află abia în stadiul ei de formare, iar dezvoltarea ei este extrem de importantă pentru progresul actual. Toate acestea cer în permanenţă să lărgim considerabil frontul cercetărilor în domeniul studiului sistemelor de comandă din organismele vii, din maşini şi din societate.

Despre unele probleme controversate ale ciberneticii

V. N. KOLBANOVSKI
profesor

În ultimii ani, a apărut şi a cunoscut o largă răspîndire un nou domeniu ştiinţific: cibernetica. Din momentul cînd Norbert Wiener a publicat prima lucrare sub acest titlu (1948), cibernetica se bucură de atenţia a numeroşi savanţi reprezentînd domenii diferite ale cunoaşterii. În afară de matematicieni şi de tehnicieni, cibernetica i-a interesat pe fizicieni, chimişti, biologi, fiziologi, psihologi, lingvişti, sociologi. Dezvoltarea intensă a teoriei ciberneticii, la care se lucrează în diverse ţări, şi succesele practice incontestabile ale noii ştiinţe prezintă mult interes şi pentru filozofie.

Reprezentanţii taberelor filozofice opuse au o atitudine diferită faţă de cibernetică. Nici printre filozofii marxişti nu există o unitate de vederi totală în această chestiune. Una dintre cauzele acestei situaţii stă în faptul că întemeietorii ciberneticii — N. Wiener, W. R. Ashby şi alţii — nu au poziţii filozofice clare şi oscilează între idealism şi mecanicism în rezolvarea multor probleme. Fără îndoială, în activitatea acestor savanţi trebuie să facem distincţie între concepţiile lor filozofice, care urmează a fi supuse unei analize critice, şi valoarea obiectivă a lucrărilor lor ştiinţifice. Însemnătatea obiectiv progresistă a ciberneticii reflectă anumite legi ale realităţii însăşi.

De aceea, filozofii marxişti, care au ocupat în trecut o poziţie plină de rezerve faţă de cibernetică, din cauza poziţiilor metodologice neclare sau de-a dreptul greşite ale întemeietorilor ei, nu trebuie să repete erorile filozofilor care, într-un trecut nu prea îndepărtat, tăgăduiau importanţa ştiinţifică a teoriei relativităţii, din cauza erorilor filozofice ale lui A. Einstein.

Apariţia ciberneticii trebuie considerată ca un proces firesc în dezvoltarea cunoaşterii ştiinţifice. Pe măsura cercetării tot mai profunde a fenomenelor naturale şi sociale, se produce o

inevitabilă diferențiere a cunoștințelor și o specializare a oamenilor de știință, ceea ce are drept consecință, într-un anumit sens, o pierdere a legăturii generale dintre ramuri de cunoștințe care erau înainte apropiate.

Opusul acestui proces constă, întrucîtva, în apariția unor ramuri ale științei care, datorită caracterului lor abstract, generalizează și sintetizează diversele fenomene și deduc din ele anumite legi universale. Ne referim la științe cum sînt teoria probabilităților, teoria oscilațiilor, statistica și cea mai abstractă dintre științe: filozofia.

Dintre aceste științe face parte și cibernetica, deoarece ea enunță anumite legi universale, comune mașinilor, organismelor, societății. Conform definiției lui Wiener, cibernetica este știința sistemelor și a formațiunilor cu autoreglaj: mașini, organisme, societate [1]. O trăsătură comună tuturor acestor sisteme și formațiuni atît de diferite constă în aceea că ele există și se dezvoltă (acționează), primind o informație variată și multilaterală din mediul înconjurător, o prelucrează, o codifică și o memorează, reacționînd totodată în mod corespunzător la această informație. De asemenea, pentru toate sistemele cu autoreglaj este specifică legea conexiunilor inverse, care permite unui automat, unui organism, unei societăți să verifice, să controleze adecvarea unui răspuns concret (a unei reacții) și să-l corecteze în cazul în care este nesatisfăcător.

Aceste legi fundamentale au fost deduse pe baza studiului funcționării diverselor automate, servomecanisme, și, în particular, a mașinilor de calcul, care efectuează în intervale de timp extrem de scurte calcule foarte complicate, cu o înaltă precizie și înlocuind munca unor întregi colective de matematicieni cu înaltă calificare. Cu aceeași exactitate cu care mașinile de calcul îndeplinesc o muncă după un program alcătuit în prealabil, poate fi proiectată și funcționarea altor mașini automate și mecanisme, de orice tip, utilizate în industrie, în transporturi și în alte domenii ale economiei și ale culturii.

Principiile generale pe baza cărora se programează funcționarea mașinilor de calcul, se codifică informația pe care o capătă, se creează dispozitivele de memorie și se efectuează autocontrolul — cu ajutorul mecanismului conexiunilor inverse — au fost aplicate la crearea unei serii întregi de mașini automate diverse, contribuind astfel la un progres tehnic considerabil în acest domeniu. De exemplu, în străinătate s-a putut proiecta o mașină care determină și dirijează întregul ciclu complicat al unui proces de producție (de exemplu, în fabricarea televizoarelor), controlînd totodată calitatea produselor. În unele cazuri, au fost construite mașini capabile să proiecteze alte mașini.

Dacă în trecut mașinile și uneltele speciale măreau în mod considerabil și înlocuiau forța brațelor omului și ale organelor sale de simț, acum — așa cum a prevăzut în mod genial Marx — noile mașini automate ușurează în mare măsură munca creierului omului, întrecîndu-l mult în ceea ce privește volumul operațiilor de calcul, pe care le efectuează, și rapiditatea de acțiune. Aceasta a dat inventatorilor de noi mașini motivul să le califice drept „creiere gigantice" sau „mașini gînditoare". Bineînțeles, este vorba de metafore care apar ca un rezultat firesc al entuziasmului stîrnit la mulți oameni de productivitatea uimitoare a acestor mecanisme perfecționate. Unii dintre ei trag, cu naivitate, concluzii simpliste: „Dacă aceste mașini sînt capabile să efectueze complicate calcule matematice, care cer din partea omului o încordată activitate intelectuală, înseamnă că aceste mașini gîndesc".

Această concluzie atestă doar cît de mult se învecinează cîteodată adevărul cu eroarea. Constructorii de mașini cibernetice și întocmitorii de programe ale funcționării lor știu foarte bine că orice mașină — de la corpul ei și pînă la ultimul șurub — este creată de om, că programul după care lucrează este de la început și pînă la sfîrșit gîndit de om, iar rezultatul funcționării ei este, de asemenea, folosit de om. Așadar, a atribui acestor mașini și diverselor servomecanisme proprietăți miraculoase speciale și o putere neobișnuită seamănă cu conduita celebrului personaj din basmul arab, care, după ce a eliberat dintr-o sticlă un spirit puternic, a început, cuprins de frică, să i se închine.

În adevăr, cercetarea unor probleme ca „poate oare mașina să se dovedească mai inteligentă decît inventatorul ei?" sau „vor putea oare mașinile automate să înlocuiască total munca oamenilor?" nu se poate explica decît ca fiind expresia unui fetișism asemănător cu cel pomenit mai sus. Deși al doilea Congres internațional de cibernetică s-a ocupat de astfel de probleme, ele trebuie clasificate în rîndul curiozităților. Ele nu sînt tipice pentru majoritatea ciberneticienilor, care studiază

[1] După opinia noastră, este mai corectă și mai exactă, în fond, definiția dată cibernetici de acad. A. I. Berg, ca *„știință a conducerii adecvate a proceselor evolutive"*.

cu seriozitate legile universale ale funcționării diverselor sisteme și formațiuni comandate — naturale și artificiale — și care nu sînt de loc înclinați să atribuie o forță miraculoasă mașinilor și aparatelor pe care le construiesc.

Există oare, în realitate, principii universale care să guverneze activitatea sistemelor de comandă și a celor comandate, indiferent de structura și de funcțiunile lor, indiferent dacă este vorba despre mașini, organisme sau societate?

Legitimitatea acestei tendințe în știință a fost justificată de mult prin existența și prin utilitatea practică a unei serii întregi de discipline pe care le-am menționat mai sus. De exemplu, teoria probabilităților este aplicată și la calculul eventualității atingerii țintei de către proiectilele de artilerie, și la calculul avariilor mijloacelor de transport, care se pot produce pe o piață cu trafic intens dintr-un mare oraș, și la calculul variațiilor posibile în populația unei specii animale etc. Teoria oscilațiilor este folosită și la determinarea oscilațiilor suprafeței apei într-un rezervor, și a vibrațiilor unui pod de cale ferată atunci cînd trece peste el o garnitură feroviară, și a oscilațiilor temperaturii într-o anumită regiune climaterică, și a oscilațiilor prețurilor pe piața unui stat burghez.

Alura curbei lui Gauss (distribuția probabilităților) nu se schimbă esențial atunci cînd calculăm o anumită caracteristică a unui fenomen oarecare, indiferent dacă este vorba despre talia indivizilor dintr-un colectiv uman, sau despre greutatea lor, sau despre nivelul lor de cultură, sau despre numărul de cărți din bibliotecile lor personale.

Legitimitatea aplicării aceleași teorii la fenomene naturale și sociale diferite este cu totul evidentă, ca și aplicarea largă a matematicii și a statisticii în calculul aspectelor cantitative din desfășurarea acestor fenomene.

Toate teoriile abstracte și măsurătorile și calculele efectuate de matematică și de statistică sînt „indiferente" față de obiectele la care se aplică și pot ignora specificul lor. În același timp, matematica, statistica, teoria oscilațiilor și cibernetica, care folosesc metode cantitative în aplicațiile lor concrete, trebuie să țină seama de specificul, de calitatea, de natura obiectului pe care îl cercetează.

De exemplu, îndărătul asemănării formulelor din teoria oscilațiilor, trebuie să vedem deosebirea fundamentală dintre esența vibrațiilor unui pod de cale ferată, a oscilațiilor temperaturii dintr-o anumită regiune climaterică și a oscilațiilor prețurilor

pe piață, deși pentru teoria oscilațiilor este indiferent la ce anume este aplicată.

Este cunoscut că legile dialecticii, care sînt cele mai generale și acționează în toate formele de mișcare ale materiei, se manifestă specific în fiecare dintre ele. Legea luptei contrariilor are manifestări diferite în mișcarea planetelor sistemului solar și în interiorul atomului, în reacțiile chimice și în evoluția lumii organice, în viața societății și în gîndirea omului. Legea universală a luptei contrariilor nu poate fi considerată ca panaceu pentru descifrarea tuturor proceselor care au loc în natură, în societate și în gîndirea omului. Dialectica marxistă ne obligă să studiem în mod concret acțiunea acestei legi universale, ca și a celorlalte legi dialectice, analizînd specificul manifestărilor ei în formele concrete ale mișcării materiei.

Or, unii filozofi care se ocupă de cibernetică uită această exigență a dialecticii. În lecțiile în care analizează problemele actuale ale fizicii, ei vorbesc despre diversele forme ale mișcării materiei, despre specificul lor și despre ireductibilitatea formelor superioare la cele inferioare. Atunci cînd aceiași filozofi scriu despre cibernetică, ei nici măcar nu pomenesc această exigență a dialecticii și subliniază cu precădere importanța ei ca știință care se ocupă de legile cele mai generale ale mișcării materiei.

Această tratare întrucîtva liberă a dialecticii poate da rezultate regretabile, mai ales în condițiile în care pozițiile metodologice ale ciberneticienilor de peste hotare nu sînt încă clar conturate și cînd se exprimă idei care nu sînt totdeauna adevărate despre orientarea și specificul ciberneticii, precum și despre sfera sarcinilor ei posibile.

Fără voie, ne revine în minte așa-zisa știință universală a organizării, sau tectologia, pe care A. A. Bogdanov a încercat să o creeze imediat după 1920. În revista „Proletarskaia kultura", el a publicat o serie de studii asupra științei universale a organizării, pe care le-a strîns apoi într-un volum intitulat „Tectologia".

Ideea lui A. A. Bogdanov constă în următoarele: în mișcarea ei istorică progresivă, știința îmbrățișează domenii mereu noi și tot mai largi ale naturii și ale vieții sociale, se diferențiază și se specializează tot mai mult. Această fragmentare a științei atinge proporții cînd specialiștii din diverse domenii de cunoaștere nu mai pot găsi un limbaj comun și nu se mai înțeleg unii pe alții. Pentru a combate pericolul cuprins în această izolare

a diverselor domenii științifice, trebuie găsite și puse în evidență cîteva legi generale și principii universale, care se manifestă în diversele forme ale mișcării materiei.

În sine, această încercare ar fi putut avea o valoare progresistă, dacă autorul tectologiei nu ar fi dat uitării acțiunea legilor celor mai generale ale dialecticii marxiste și dacă ar fi ținut seama de specificul aplicării lor la formele concrete ale mișcării materiei.

Plecînd de la premisa corectă a existenței unor principii sau legi universale, care pot îmbrățișa domenii diverse ale naturii și ale societății, autorul — care era bine informat în domenii științifice ca matematica, statistica și altele — a pornit pe calea găsirii unor fapte ale realității care să poată fi subsumate cîtorva principii universale. Astfel, el a ajuns, bunăoară, la principiul „verigii minime". Esența acestui principiu se enunță după cum urmează: „Rezistența oricărui lanț mecanic este definită de rezistența verigii lui celei mai slabe". Formula este atît de simplă și de evidentă, încît comentariile sînt de prisos.

Autorul „Tectologiei" a încercat să extindă acest principiu particular la alte fenomene ale naturii și ale societății. El era de părere că rezistența unui organism este, și ea, definită de rezistența celui mai slab dintre sistemele sau dintre organele sale. Dacă veriga slabă a unui organism o constituie rinichii, organismul respectiv trebuie să se adapteze după această „verigă minimă", altfel prăbușirea întregii sale activități vitale și moartea devin inevitabile. În adevăr, este bine cunoscut că orice îmbolnăvire a organismului se propagă spre *locus minoris resistentiae*, adică spre punctul cu cea mai mică rezistență. Dacă veriga cea mai slabă a organismului o formează rinichii, întregul mod de viață al bolnavului trebuie subordonat ocrotirii acestei verigi slabe.

Dar între un lanț mecanic și organism există o deosebire calitativă. Biologii și medicii știu bine că organismul dispune de proprietăți adaptative ca activitatea compensatoare a altor sisteme sau organe, care înlocuiește activitatea sistemului sau a organului afectat sau slăbit de boală. Organismul nu este nevoit să se alinieze doar după activitatea „verigii minime". El posedă resurse lăuntrice pentru compensarea unei anumite insuficiențe. Așadar, cu aplicare la biologie, principiul „verigii minime" poate fi admis numai cu anumite corective.

Și mai greșită a fost încercarea lui A. A. Bogdanov de a aplica acest principiu vieții sociale. Dacă diversele ramuri ale

economiei naționale sînt dezvoltate neuniform și, să zicem, agricultura rămîne mult în urma industriei, fiind deci „veriga minimă" sau slabă, rezultă, după Bogdanov, că toate celelalte domenii ale economiei naționale trebuie nivelate după veriga minimă, deoarece, altfel, disproporția dintre dezvoltarea ramurilor înaintate și a celei rămase în urmă se va accentua și se va produce inevitabil o catastrofă economică.

Eroarea acestui raționament este vădită. Autorul a transferat mecanic principiul verigii minime de la un lanț mecanic la o formă calitativ diferită și superioară a materiei, anume la viața socială, a cărei dezvoltare este supusă altor legi. Bogdanov nu a ținut seama nici de rolul imens al factorului subiectiv, de oameni, care, în condițiile societății socialiste, pot pe deplin să prevină, prin alte mijloace, rămînerea în urmă a unei anumite ramuri din economia națională.

Aplicarea magistrală a dialecticii în politică și în economie i-a permis lui V. I. Lenin să stabilească importanța verigii principale, pe care trebuie s-o apucăm pentru a putea pune în mișcare tot lanțul. Politica leninistă de industrializare a țării și de electrificare a fost unica orientare corectă, care a asigurat dezvoltarea impetuoasă a industriei și a energeticii, permițînd ca, pe această bază, să se creeze și o puternică tehnică agricolă. Aceasta a jucat un rol hotărîtor în înfăptuirea grandiosului plan de colectivizare a agriculturii și în ridicarea ei la un nivel înalt.

Cît despre principiul „verigii minime", aplicarea lui în domeniul economiei naționale putea să aibă consecințele cele mai grave. Totodată însă, nu putem spune că acest principiu nu conține o anumită parte de adevăr, că el ar fi total inaplicabil la fenomenele sociale. De exemplu, în condițiile unei economii care se dezvoltă planificat și proporțional, prezintă o mare importanță luarea în considerare exactă a tuturor verigilor lanțului economic. Este suficient să scăpăm din vedere o verigă slabă, fie ea chiar puțin importantă, pentru ca aceasta să se răsfrîngă inevitabil asupra dinamicii întregului complex economic. Bineînțeles, în condițiile unei organizări corecte a economiei, nici nu trebuie să existe astfel de verigi, iar dacă ele apar, există posibilități de a dezvolta mai repede aceste verigi slabe, de a lichida „gîtuirile".

Așadar, un principiu corect pentru o formă de mișcare a materiei nu poate fi transferat mecanic asupra altor forme. Aici trebuie să ținem seama de specificul acestor forme și să introducem corectivele calitative corespunzătoare.

A. A. Bogdanov a căzut într-o eroare antidialectică analogă, cînd a încercat să extindă „teoria echilibrului" la diferite fenomene ale naturii și ale societății. Pe deplin justificată și acceptabilă în aprecierea fenomenelor fizice și a proceselor chimice, unde echilibrul apare ca un caz particular al mișcării, „teoria echilibrului" necesită corective considerabile atunci cînd o aplicăm fenomenelor biologice și sociale.

Procesul de echilibrare între organism și mediu prezintă doar o asemănare exterioară cu echilibrul din natura nevie. În realitate însă, el are aici un specific propriu, care-și găsește expresia în activitatea complexelor mecanisme adaptative care asigură activitatea biologică normală a organismelor. Procesul de echilibrare a organismului cu mediul exterior este un proces de influențare activă a acestuia (la animale și la om), în urma căruia se produce atît o modificare a mediului, cît și a organismului. Nu există nimic similar în cazul echilibrului mecanic al corpurilor din natura moartă, de exemplu la nivelarea temperaturii unui corp încălzit și a ambianței sale.

Cu atît mai puțin posibil este echilibrul mecanic într-o societate formată din clase antagoniste. Chiar starea temporară de echilibru relativ între clasele dușmane, care se poate produce în anumite perioade, nu ascunde lupta de clasă care continuă. În societatea socialistă, concordanța dintre forțe'e de producție și relațiile de producție nu înseamnă, nici ea, că ar exista un echilibru deplin între ele; se știe că forțele de producție se dezvoltă mai repede și că natura relațiilor de producție se schimbă în mod corespunzător.

Am avut nevoie de această digresiune destul de lungă de la subiectul articolului nostru, pentru că erori asemănătoare cu cele ale lui Bogdanov sînt comise astăzi de unii atunci cînd definesc obiectul, căile de dezvoltare și metodele noii științe care este cibernetica.

Analogia noastră se referă numai la tendința manifestată la timpul său de tectologi, iar astăzi de unii cibernetic'eni, nu și la fondul respectivelor științe. Totodată, trebuie subliniat că ele au un fundament diferit.

Cibernetica a apărut pe baza progresului tehnic, realizat datorită dezvoltării automatizării, a electronicii, a telemecanicii și a mijloacelor tehnice de calcul. La succesul ei a contribuit și dezvoltarea mai multor științe biologice, în particular a fiziologiei activității nervoase superioare. Studiul structurii creierului și al mecanismelor activității sale a permis cibernetician-

ior să deducă unele principii pe care le-au aplicat la construirea unei serii de mașini de calcul și de servomecanisme.

Procesul de recepționare a informației, de prelucrare a acesteia și răspunsul corespunzător al mașinii cibernetice sînt, în multe privințe, analoge cu procesul recepționării excitațiilor de către creier, al prelucrării lor și al reacției de răspuns. Dacă mai adăugăm crearea dispozitivelor de memorare, care sînt analoge celor ale memoriei, precum și mecanismul conexiunilor inverse, analog cu aferentația inversă — o lege descoperită în 1935 de fiziologul sovietic P. K. Anohin —, asemănarea dintre funcționarea mașinilor cu autoreglaj și creier va fi și mai mare.

Baza materială a cibernetici a asigurat dezvoltarea ei impetuoasă într-un termen scurt și i-a deschis perspective și mai largi. În același timp, trebuie să menționăm însă că succesele practice ale cibernetici i-au ametit pe unii teoreticieni burghezi din Occident. Tendința de expansiune, într-un anumit sens justificată la un domeniu științific nou, explică faptul că ei au transferat mecanic unele legi particulare, descoperite în funcționarea mașinilor sau în activitatea creierului, la o sferă de diverse alte fenomene, fără a lua în considerare specificul lor și fără a introduce corectivele care se impuneau. Cu alte cuvinte, constatăm o repetare a liniei greșite pe care o urma tectologia: transferul mecanicist al legilor descoperite în funcționarea mașinilor la domeniul biologiei și al sociologiei. Dar ceea ce oferă perspective de succes în domeniul tehnicii poate să ducă în biologie la un eșec, iar în sociologie — chiar la o catastrofă.

Desigur, nu se poate nega că în activitatea automatelor, a servomecanismelor, a diverselor organisme și în guvernarea societății există unele trăsături de asemănare. Toate aceste sisteme comandate capătă informație din mediul exterior, o codifică și o prelucrează, o conservă în dispozitivele de memorare și răspund fie sub forma rezolvării unei probleme, fie prin acte legislative. Dar, paralel cu această asemănare, există între sisteme și o importantă deosebire calitativă: procesele considerate se desfășoară în diversele sisteme în funcție de forma de mișcare materială căreia îi aparțin.

Existența unei asemănări în activitatea diverselor sisteme comandate a generat cibernetica, o știință utilă din punct de vedere practic. Considerarea deosebirilor din funcționarea acelorași sisteme poate feri această nouă știință de numeroase greșeli și rătăciri.

Unii ciberneticieni înclină să considere activitatea mașinilor automate ca fiind reflexă. În adevăr, în funcționarea acestor mașini există multe trăsături asemănătoare cu reflexul organismului. În dispozitivele cele mai simple avem recepționarea unui semnal, prelucrarea lui și răspunsul. În sistemele mai complicate, de exemplu într-o mașină cibernetică pentru reglarea și controlul procesului de elaborare a unui metal, avem un proces mai complicat, deoarece mașina „reacționează în permanență la semnalele referitoare la intervenția unor noi ingrediente sau a oxigenului în furnal, la eliminarea impurităților, în faza în care se află elaborarea. Această „activitate" complexă, care variază în funcție de desfășurarea procesului elaborării metalului, seamănă mult cu activitatea intelectuală a omului, care conduce același proces. Ea dă impresia că este efectiv reflexă, dacă nu considerăm deosebirea calitativă dintre mașină și organismul viu.

Să nu uităm că mașina cu construcția cea mai ingenioasă este considerabil mai simplă decît un organism, cu atît mai mult decît organismul omului. Această deosebire apare pregnant mai ales cînd este vorba despre activitatea sistemului nervos.

Activitatea nervoasă elementară a omului, care constă în a reacționa la stimuli numeroși și variați aplicați organismului (cu excepția craniului), se realizează prin automatisme metamere ale măduvei, descrise de fiziologul rus Lapinski în 1911. Ele reglementează și acțiuni complexe ca mersul, scrisul, atunci cînd ele sînt efectuate automat, adică fără controlul conștiinței.

Situația este incomparabil mai complicată în cazul activității nervoase superioare. I. P. Pavlov distinge aici trei nivele: unul al reflexului necondiționat și două ale reflexului condiționat, — al primului sistem de semnalizare și al celui de-al doilea sistem de semnalizare (la om). Activitatea reflexă necondiționată este realizată de mecanisme care se formează în cursul filogenezei speciei și constituie un ansamblu de instincte sau de complicate lanțuri de reflexe ereditare, care asigură conservarea speciei și continuarea ei. Activitatea reflex-condiționată din cadrul primului sistem de semnalizare se formează în viața individuală a animalului, pe baza mecanismelor reflexului necondiționat, dar capătă o deosebită importanță în activitatea adaptativă a animalului. Însă numai la om a apărut pe această bază și s-a dezvoltat istoric activitatea reflex-condiționată din al doilea sistem de semnalizare. Fiecăruia dintre nivelele activității nervoase superioare îi corespunde și un substrat material determinat, adică etaje anumite ale creierului, în care se formează conexiunile reflexe necondiționate și condiționate.

Cito- și mieloarhitectonia de astăzi dispun de date referitoare la structura diferită a numeroase cîmpuri din scoarța cerebrală a omului, cărora, în virtutea principiului sistematicității, descoperit de I. P. Pavlov, le corespund și funcțiuni determinate. Legile fundamentale ale activității nervoase superioare sînt excitația și inhibiția diverselor zone ale scoarței creierului, iradierea și concentrarea acestor procese, inducția lor reciprocă. Procesele de excitație și inhibiție alternează în celulele nervoase ale diverselor zone corticale sau unul dintre aceste procese se instalează universal în ambele emisfere cerebrale și se extinde asupra etajelor inferioare ale creierului. Astfel este, bunăoară, somnul, pe care I. P. Pavlov îl consideră drept o inhibiție universală a scoarței cerebrale. În afară de aceasta, scoarța și subscoarța sînt într-o interacțiune complexă, în care, în mod normal, scoarța deține funcțiunea de inhibiție, de frenare a subscoarței. Tot atît de complicate sînt interacțiunile scoarței cu cerebelul, ale scoarței cu ansamblul sistemului nervos periferic. Toate acestea pun în lumină deosebita complexitate a activității cerebrale umane, cu care nu se poate compara nici cea mai perfecționată mașină.

În activitatea nervoasă superioară a omului, rolul cel mai important revine celui de-al doilea sistem de semnalizare a realității, limbajului. Cuvîntul este un stimul atotcuprinzător și care înlocuiește acțiunea oricărui stimul direct, spune I.P. Pavlov. Pentru om, cuvîntul a jucat rolul celui mai important factor în procesul cunoașterii, deoarece, datorită generalizării și abstragerii de la fenomenele concrete, cuprinse în cuvînt, omul a reușit să cunoască mai profund și mai deplin esența lucrurilor și a fenomenelor realității.

Spre deosebire de stimulii necondiționali, care determină un răspuns stereotip, stimulii primului sistem de semnalizare își pot modifica acțiunea în funcție de schimbarea circumstanțelor. Cît despre stimulii din al doilea sistem de semnalizare, cuvintele, date fiind relațiile sociale în care trăiește omul, pentru el are importanță nu numai cuvîntul, ci și *cine anume* îl rostește, *cînd*, în *ce condiții*, cu ce *ton* și în ce măsură este legat de *experiența trecută* a subiectului. Însemnătatea calitativă a cuvîntului depășește considerabil — ca să folosim limbajul ciberneticii — cantitatea de informație pe care o poartă.

Caracterul complex al activității nervoase superioare la om, pe care l-am expus aici extrem de schematic din cauza lipsei de spațiu, stă la baza activității psihice complexe și multilaterale a omului. Rolul conducător aparține aici influențelor sociale. Alcătuirea societății și cultura materială și spirituală pe care a creat-o omul, în măsura în care sînt recepționate și asimilate de om, determină conținutul bogat al lumii sale lăuntrice, al gîndurilor și al simțămintelor sale, al conștiinței și al conduitei sale.

De aceea, ni se par extrem de naive încercările unor ciberneticieni de a face o analogie între activitatea reflexă a omului și o mașină de calcul, oricît ar fi ea de complicată și oricît ar depăși ea, ca nivel și viteză a proceselor de calcul, activitatea unor întregi colective de matematicieni cu înaltă calificare.

Existența unei asemănări între anumite acțiuni ale mașinilor și ale organismelor nu trebuie să umbrească imensele deosebiri dintre ele. Săgeata și cupa unui excavator pășitor întrec incomparabil puterea brațelor omului, dar ele nu suferă comparație cu virtuozitatea mîinii omului. O mașină de calcul întrece funcționarea creierului celui mai de seamă matematician în ceea ce privește viteza și corectitudinea efectuării calculelor, dar ea nu poate rezolva independent nici cea mai elementară problemă de aritmetică, iar cu atît mai puțin să o inventeze, dacă nu s-a introdus în ea programul de activitate corespunzător.

În operațiile noastre de calcul, recurgem în mod obișnuit la sistemul de numerație zecimal, care este cel mai comod și cel mai productiv. După cum se știe, acest sistem nu este folosit într-o mașină care funcționează după sistemul binar. Acesta prezintă pentru mașină o seamă de avantaje, deoarece principiul funcționării ei constă în acționare-dezacționare, da-nu.

Datorită acestui sistem de numerație, care ne permite să utilizăm electronica și să efectuăm sute de mii de operații pe secundă, mașina de calcul întrece cu mult procesul de calcul din activitatea matematicianului, care lucrează cu sistemul zecimal. Un plus de simplitate înseamnă un cîștig de viteză.

Ne dă oare aceasta cel mai mic temei pentru a presupune că natura activității mașinii de calcul, inclusiv a uneia care reglează un complicat proces de producție, ar fi analogă cu natura activității creierului? Bineînțeles că nu.

A face cu seriozitate o paralelă între mașini și organisme înseamnă a readuce știința la nivelul de acum cîteva secole, la materialismul mecanicist. Punctul de vedere după care organismele vegetale și animale sînt mașini vii era progresist pe timpul lui Descartes sau al lui La Mettrie. În prezent, cînd, pe baza datelor științei moderne, materialismul dialectic a demonstrat într-un mod exhaustiv deosebirea calitativă dintre aceste forme ale mișcării materiei, precum și ireductibilitatea formelor superioare la cele inferioare, acest punct de vedere devine retrograd.

Ca exemplu de interpretare mecanicistă simplistă a problemei putem cita articolul inginerului I.I. Galperin, *Despre natura reflectorie a mașinilor de comandă* [2].

Autorul neagă concepția unanim adoptată în știință, potrivit căreia activitatea reflexă este specifică pentru sistemul nervos, pentru creier. După opinia autorului, acest punct de vedere contrazice definiția cartesiană a reflexului, „ca reacție automată a organismului la excitațiile exterioare". Reprezentarea lui Descartes asupra reflexului, scrie I. I. Galperin, „lasă deoparte problema aparatului nervos care realizează legătura dintre excitație și reacție, aparat care era cu totul necunoscut pe timpul lui Descartes și este pe deplin clar în prezent".

Este o afirmație cu care putem fi de acord. Mai mult, este bine cunoscut că însăși noțiunea de reflex a apărut în mintea lui Descartes în urma observării statuilor ridicate de Francini în parcul de la Fontainebleau. Aceste statui îi amenințau pe trecători cu degetul atunci cînd se apropiau de ele dintr-o anumită parte și îi stropeau cu apă, cînd se apropiau din altă parte. Apa era expulzată în jet dintr-o deschidere practicată în nasul sau în gura statuii și îl stropea pe oaspetele care nu bănuia nimic.

Funcționarea mecanismului receptor, transmițător și reactiv destul de simplu, ascuns sub pămînt, i-a sugerat lui Descartes ideea că un proces analog are loc și în organismele care răspund la o excitație exterioară printr-o reacție motorie determinată. Așadar, pe plan istoric, noțiunea de reflex, ca răspuns la o excitație, a fost preluată de Descartes din tehnică.

De atunci însă, noțiunea a suferit modificări esențiale. Ea s-a îmbogățit cu un nou conținut, introdus de fiziologia sistemului nervos și îndeosebi a etajului său superior, creierul. Tendința lui I. I. Galperin de a restitui tehnicii noțiunea de reflex, de unde Descartes a împrumutat-o în urmă cu mai bine de trei secole, stîrnește uimire, ca și încercarea de a considera că activitatea mașinilor de calcul și a servomecanismelor ar fi reflexă.

[2] Vezi „Probleme de filozofie", nr. 4, 1957.

Evident, autorul articolului nu-şi dă seama de deosebirea fundamentală, calitativă dintre acţiunea automată a mecanismelor din materie nevie şi sistemul nervos al organismelor vii, a cărui acţiune specifică este rezultatul evoluţiei îndelungate a regnului animal. Cînd I. I. Galperin susţine că „definiţia pavloviană a reflexului necondiţionat şi condiţionat cuprinde doar o anumită conexiune cauzală între stimul şi reacţie", el sărăceşte conţinutul teoriei pavloviene a activităţii nervoase superioare. Conexiunea cauzală se situează şi la I. P. Pavlov pe primul loc printre principiile fundamentale ale teoriei reflexelor, dar ea nu este singurul ei principiu. Paralel cu aceasta, I. P. Pavlov a stabilit şi principiul activităţii analitico-sintetice, precum şi principiul sistematicităţii, care nu sînt proprii materiei nevii.

I. I. Galperin se străduieşte să demonstreze caracterul reflex al activităţii automatelor, luînd ca punct de plecare faptul că această activitate seamănă în multe privinţe cu reacţiile fiziologice ale sistemului nervos. Ca dovadă, el arată că, supunîndu-se logicii intrinsece a evoluţiei obiectului, inginerii au introdus, încă înainte de apariţia ciberneticii şi fără să se inspire din fiziologie, o serie de termeni fiziologici pentru caracterizarea unui sistem de reglaj automat (SRA), cum ar fi „element sensibil", „organ de execuţie" sau „efector", iar fiziologii au introdus în fiziologie termeni tehnici ca „închidere", „conexiune", „contact" etc. „Urmînd sensul fidel al definiţiei pavloviene — scrie el —, este imposibil să trasăm demarcaţia dintre mecanismul reflexului condiţionat şi acţiunea unui S.R.A.". Nici inginerii ciberneticieni nu sînt de acord cu această afirmaţie a lui I. I. Galperin. Cît priveşte identitatea unor termeni folosiţi în diverse ştiinţe, aceasta nu poate fi considerată drept o dovadă serioasă. Gîndirea plastică a diverselor popoare a introdus în diferite epoci termeni biologici în tehnică: „dinte", „deget", „melc" etc., după cum în fiziologie a introdus termeni tehnici ca „vibraţie", „blocaj", „presiune" etc. Aceasta a fost exprimarea prin limbă a unor fenomene sau procese analoge, fără a însemna însă că ele ar fi identice. Vorbim şi astăzi despre „oboseala metalului" şi despre „oboseala omului", fără a pune semn de egalitate între ele.

Influenţa reciprocă dintre biologie şi tehnică nu trebuie eliminată, mai mult, ea este fructuoasă. De exemplu, studiul topografic al articulaţiilor la oasele tarsiene, care suportă aproape întreaga greutate a corpului omenesc, a dat un impuls pentru extinderea acestui tip natural de sprijin rezistent la construirea

aşa-numitei punţi americane. Alt exemplu. Se ştie că o bară metalică goală în interior rezistă la o solicitare de opt ori mai mare decît aceea la care poate rezista o bară metalică plină, de aceeaşi secţiune. Însăşi ideea construirii unor bare metalice goale în interior pentru nevoile industriei metalurgice şi ale construcţiilor este preluată din anatomia oaselor tubulare lungi ale membrelor animalelor.

Este în afară de orice îndoială că „broaştele ţestoase" artificiale ale lui Gray Walter — care „ocolesc" obstacole, se opresc şi-şi schimbă direcţia pe baza unui semnal, în funcţie de „reflexul condiţionat" pe care-l elaborează — imită mişcările analogilor lor naturali. Şi mai mult interes prezintă „inima artificială", o pompă automată de construcţie complicată, care asigură circulaţia sîngelui atunci cînd inima este izolată în timpul operaţiilor cardiace, sau „homeostatul" lui Ashby, capabil să autoregleze, între limitele stabilite, temperatura unui sistem izolat, sau să-şi regleze spontan metabolismul chimic.

Unele dintre aceste dispozitive au chiar o gamă de funcţionare care întrece procesele analoge din organismul viu. Totuşi nu trebuie să uităm cu cît este mai complicată şi mai perfecţionată desfăşurarea acestor procese în organism. Cîte o singură celulă efectuează aici o muncă pe care în tehnică o poate reproduce numai o construcţie foarte complicată.

Este de asemenea, incontestabilă influenţa binefăcătoare a realizărilor din domeniul tehnicii pentru cunoaşterea proceselor biologice. Aparate atît de complicate cum sînt oscilograful, „televizorul cerebral", cele care înregistrează activitatea inimii — a despărţiturilor ei şi cele mai mici abateri de la normă — sînt de un folos imens pentru fiziologi în dezvăluirea multor mecanisme încă necunoscute din activitatea celor mai importante sisteme ale organismului.

Dar studiul biologic cu ajutorul unor dispozitive tehnice, al legilor activităţii vitale a organismului, nu a fost încă niciodată conceput ca studiu de pe poziţiile tehnicii, al acestui obiect al ştiinţelor naturii. Or, aceasta este concepţia pe care o susţine I. I. Galperin. Fără îndoială, el consideră că pentru automatică şi în posibilităţile ei imaginabile, nu sînt realizabile subtila diferenţiere, plasticitatea, rafinarea, inerente chiar celei mai elementare activităţi nervoase. Totuşi, după părerea sa, automatele — ca dublură palidă a activităţii creierului — şi-au luat startul prin reflexele necondiţionate şi condiţionate; tehnicienii

sînt convinşi de activitatea reflexă a maşinilor automate şi aşteaptă ca fiziologii să recunoască acest lucru.

Pentru a-şi argumenta punctul de vedere, I. I. Galperin citează într-o notă la articolul său începutul celebrei prelegeri a lui I. P. Pavlov *Ştiinţele naturii şi creierul*: „Se poate spune, pe drept cuvînt, că progresul de nestăvilit al ştiinţelor naturii din timpul lui Galilei se opreşte în mod vizibil în faţa etajului superior al creierului, sau, în general, în faţa organului celor mai complexe relaţii dintre animale şi lumea exterioară. Şi s-ar părea că aceasta are un motiv, că aici este efectiv un moment critic al ştiinţelor naturii, deoarece creierul, care în formaţiunea sa superioară — creierul omului — a creat şi creează ştiinţele naturii, devine el însuşi obiectul acestor ştiinţe ale naturii". I. I. Galperin îşi permite să parafrazeze aceste cuvinte ale lui I. P. Pavlov, după cum urmează: „Se poate spune că creierul omului, care a creat tehnica, devine, în maşinile de comandă, obiectul acestei tehnici, în funcţiunile sale cele mai simple". Prin această transformare, ideea profundă a lui I. P. Pavlov devine un nonsens. Creierul este, incontestabil, un obiect al ştiinţelor naturii, dar nici funcţiunile sale cele mai simple nu pot deveni obiect al tehnicii, deoarece activitatea sa nu este determinată de legi tehnice, ci de legi biologice.

După I. I. Galperin, această afirmaţie „este necesară pentru noua ştiinţă (cibernetica — *N.A.*), deoarece îi dă o perspectivă de dezvoltare clară. Ea este în cea mai bună concordanţă cu concepţia materialismului dialectic şi cu teoria lui I. P. Pavlov". Cu aceasta nu putem în nici un caz să fim de acord; în schimb, este evident că poziţia mecanicistă a lui I. I. Galperin este într-o flagrantă contradicţie atît cu dialectica materialistă, cît şi cu teoria lui I. P. Pavlov.

În pofida unor anumite formulări mecaniciste ale lui I. P. Pavlov, care datează din anii cînd cercetătorii progresişti ai naturii opuneau idealismului materialismul mecanicist, teoria sa este în ansamblu materialist-dialectică.

I. P. Pavlov a considerat fiziologia activităţii nervoase superioare în dezvoltare, distingînd în mod clar diversele trepte calitative ale activităţii reflexe şi diversele ei niveluri. Marele fiziolog a dezvăluit dialectica proceselor activităţii nervoase superioare în interacţiunea etajului ei superior cu cel inferior, în relaţiile dintre centrul şi periferia sistemului nervos. I. P. Pavlov a pus în evidenţă rolul conducător al creierului în reglarea întregii activităţi biologice a organismului, şi funcţiunea de

reflectare a creierului, ca organ al celei mai fine şi mai precise adaptări a organismului la mediul exterior. Tot el a descoperit al doilea sistem de semnalizare a realităţii la om şi a arătat rolul acestuia în dezvoltarea activităţii psihice. Dar, deşi a folosit, într-o seamă de cazuri, termeni tehnici şi deşi a comparat în mod plastic unele procese cerebrale cu activitatea maşinilor, I. P. Pavlov era departe de a considera creierul drept un obiect al tehnicii.

Articolul lui I. I. Galperin nu ar merita o analiză critică, dacă nu ar exprima negarea mecanicistă a deosebirilor calitative proprii diverselor forme ale mişcării materiei. Tendinţa spre această abordare nedialectică a realităţii nu este, din nefericire, o raritate, în rîndurile ciberneticienilor.

Nimeni nu contestă dreptul ciberneticii de a folosi în proiectarea şi în construirea maşinilor atît datele tehnicii şi ale ştiinţelor fizico-matematice, cît şi datele biologiei. Exemplul folosirii legii conexiunilor inverse în crearea maşinilor de calcul şi a servomecanismelor este o dovadă clară în acest sens.

În această privinţă, merită o deosebită atenţie articolul prof. P. K. Anohin, *Fiziologia şi cibernetica*[3]. Aici se arată că legea aferentaţiei inverse nu este proprie numai activităţii nervoase superioare. Într-o interesantă trecere în revistă a dezvoltării istorice a muncii, P. K. Anohin arată cum a fost aplicată în practică de către oameni legea conexiunilor inverse, cu mult înainte încă de descoperirea ei. Comparînd acţiunea legii aferentaţiei inverse în fiziologie şi în tehnică, în particular aplicarea ei în maşinile de calcul şi în servomecanisme, P. K. Anohin ajunge la o concluzie foarte importantă: *„orice sistem funcţional, mecanic sau viu, care a fost creat sau care se dezvoltă în vederea obţinerii unui efect util, are neapărat un caracter ciclic şi nu poate exista dacă nu capătă o semnalizare inversă despre gradul de utilitate al efectului produs"*.

După ce recunoaşte meritul ciberneticii de a fi sesizat procesele asemănătoare şi punctele nodale comune ale automatelor mecanice şi ale organismelor vii, P. K. Anohin atrage atenţia şi asupra faptului că astfel de analogii trebuie să aibă limite. Între anumite limite, atît maşina cît şi omul acţionează la fel, în conformitate cu legea conexiunii inverse. Dar în cazurile de aşa-numită dezacordare, cînd în sistemul de reglaj vine, să zicem, informaţia y_1 în loc de y_0, activitatea automatului va di-

[3] Vezi „Probleme de filozofie", nr. 4, 1957.

feri esențial de activitatea omului: „reacția organismului și a mașinii la o dezacordare și căutările soluției unei probleme puse se deosebesc considerabil și nu pot fi analogizate". Mai mult, considerînd posibilă crearea unor mașini care să acționeze după principiul activității reflexe, P. K. Anohin scrie: „Nici un fel de modele ale răspunsurilor reflex-condiționate nu pot pretinde nici măcar o asemănare îndepărtată cu reflexul condiționat real, dacă nu se ține seama în ele de două procese cardinale: a) procesul sintezei aferente și b) formarea unui acceptor al acțiunii, ca aparat care apreciază rezultatele ei".

Se poate prevedea dinainte că cibernetica va înregistra mari succese în modelarea unor procese nervoase care se situează la nivelul activității sistemului nervos elementar și chiar la primele două nivele ale activității nervoase superioare, reflexul necondiționat și primul sistem de semnalizare. Suscită însă îndoieli serioase pretențiile unor ciberneticieni de a folosi în mașini reflectarea realității prin al doilea sistem de semnalizare. Aici, ca un complement la legile biologice specifice materiei vii, mai acționează legile formei sociale de mișcare, care au jucat un rol determinant în dezvoltarea formelor superioare de activitate psihică la om.

Nu avem motive să limităm apriori posibilitățile potențiale ale cibernetici, impunîndu-le hotare, însă putem considera dinainte ca fiind evident sterile încercările de a căuta de pe pozițiile tehnicii, adică pe baza formelor inferioare ale mișcării materiei, explicația formelor lor superioare, între altele a activității nervoase superioare. „Cheia anatomiei maimuței este anatomia omului" — scrie K. Marx. În formele superioare ale mișcării materiei putem găsi esența formelor ei inferioare, și nu invers; aceasta este o teză de neclintit a dialecticii materialiste, pe care cibernetic ienii nu trebuie să o dea uitării.

Un merit incontestabil al cibernetici și importanța ei progresistă constă în aceea că ea folosește în construirea unor noi dispozitive automate trăsăturile de asemănare ale unor procese care au loc și în mașini, și în organisme. Cu cît cibernetic ienii vor fi în stare să pătrundă mai adînc esența unora dintre procese, mai ales din domeniul activității nervoase superioare, și să înțeleagă principiile acestei activități, cu atît va fi mai perfecționată funcționarea noilor sisteme comandate și a mașinilor automate. Este suficient să menționăm, bunăoară, homeostatul lui Ashby, în care se manifestă o asemănare uimitoare cu procesele de autoreglare din organismul viu. Și totuși, nu se

poate ajunge la o asemănare perfectă între mașină și organism, cel puțin pentru că, prin conținutul său, schimbul de substanțe în natura nevie și în materia vie, împreună cu toate consecințele care rezultă de aici, sînt radical diferite. Asemănarea exterioară a funcționării nu poate eclipsa deosebirea radicală dintre esența proceselor, care au loc în diverse forme ale mișcării materiei.

Un șoarece artificial, care găsește într-un labirint, ca urmare a numeroase „probe și erori", drumul spre bucata de „slănină" metalică, imită în multe privințe mișcările unui șoarece natural, iar la o a doua trecere prin labirint, el este mult superior șoarecelui viu. Și totuși, acesta rămîne incomparabil mai perfecționat decît analogul său mecanic, al cărui „dresaj" rapid se datorește ingeniozității constructorului său.

Corective și mai importante trebuie introduse atunci cînd extindem unele dintre principiile universale ale cibernetici asupra vieții sociale. În cazurile în care este vorba despre importanța cibernetici ca auxiliar în diverse procese sociale, de exemplu în planificarea procesului de producție la o întreprindere, în evidența contabilă a veniturilor și a cheltuielilor, la recensămîntul populației etc., folosul obiectiv al cibernetici nu suscită nici un fel de îndoieli. Rolul ei este aici analog cu cel al matematicii și al statisticii.

Confuziile încep atunci cînd unii cibernetic ieni pretind să conducă complicatele procese sociale pe baza principiilor universale stabilite de ei. Deși societatea este și ea un sistem dirijat, procesul de autoreglaj nu se realizează în ea în mod automat. Această lege se manifestă cu o deosebită claritate într-o societate cu clase antagoniste. Să luăm, bunăoară, dreptul ca sistem de reglementare a relațiilor sociale de către stat. Nu reflectă el oare opoziția intereselor de clasă și violența exercitată de clasa stăpînitoare asupra claselor oprimate? După remarca profundă a lui Marx, „dreptul este voința clasei dominante, ridicată la rangul de lege".

Este oare capabilă teoria informației să exprime printr-o formulă matematică această trăsătură a societății cu clase antagoniste? Și în ce fel poate fi reglementat prin codificare procesul de producere și de repartizare a valorilor societății? Ce legi ale conexiunilor inverse vor fi în stare să reglementeze inegalitatea socială atît de pregnantă a acestor procese, în condițiile capitalismului? Ce reacție poate avea cea mai perfecționată mașină cibernetică, cînd primește informație despre crește-

rea continuă a șomajului, despre acumularea colosală a bogăților la un pol al societății și despre pauperizare la celălalt pol?

Este cît se poate de evident că principiile universale ale cibernetici nu pot fi folosite la rezolvarea unor probleme atît de importante ale reglementării societății. Și aceasta se explică mai ales prin faptul că în societatea cu clase antagoniste, reglementarea prin violență a vieții sociale de către clasele stăpînitoare este determinată de interesele lor de clasă, în detrimentul intereselor claselor exploatate. Aceasta este realitatea alcătuirii societății capitaliste contemporane, nu întotdeauna clară ideologilor societății burgheze, care nu cunosc legile dezvoltării societății.

Fără îndoială, după prefacerea radicală a societății pe întregul pămînt, cînd vor fi complet rezolvate contradicțiile fundamentale ale dezvoltării sociale, iar societatea comunistă se va ridica la nivelul satisfacerii armonioase a intereselor sociale, cînd nu va mai fi loc pentru exploatare și violență, procesele de autoreglementare socială vor deveni nu numai predominante în întocmirea societății, ci și singurele posibile. În acel timp minunat i se va deschide cibernetici un cîmp de activitate incomparabil mai larg. Dar și atunci, conducerea societății va fi calitativ diferită de alte sisteme comandate, iar cibernetici vor putea aplica principiile universale la rezolvarea problemelor sociale, numai introducînd corecțiile calitative corespunzătoare.

În numărul 12 al revistei „Probleme de filozofie" pe anul 1958, la rubrica de discuții și dezbateri, a fost publicat articolul lui W. Ross Ashby, unul dintre cei mai de seamă cibernetici burghezi, intitulat *Aplicarea cibernetici în biologie și în sociologie*. Autorul adoptă în mod necritic definiția dată cibernetici în cartea lui N. Wiener, *Cibernetica și societatea*, ca fiind știința care studiază „comanda și comunicarea, indiferent dacă acestea se realizează într-o mașină, într-un animal, în om sau în societate". Făcînd abstracție de aceste obiecte de studiu, Ashby consideră că „cibernetica este, în ultimă instanță, știința comenzii, a controlului". Ashby nu se lasă tulburat de deosebirea calitativă dintre obiectele de studiu. Dimpotrivă, el este de părere că „aplicarea ei (a cibernetici — *N.A.*) este deosebit de recomandabilă în cazurile în care organizația cercetată este foarte complicată, de exemplu în sistemele de care se ocupă biologia și sociologia". Această afirmație a lui Ashby se bazează pe faptul că metodele cibernetici sînt „prin însăși natura lor, metode cantitative".

Desigur, nu putem nega posibilitatea variațiilor cantitative ale diverselor lucruri și procese obiective, independent de determinația lor calitativă. Matematica și statistica procedează totdeauna astfel. Cînd măsoară volumul unei sfere, geometriei îi este indiferent dacă are de-a face cu o sferă de lemn sau de metal. Însă pentru soluționarea unor probleme atît de complicate cum sînt comanda, comunicarea și controlul, care au loc în organismul viu sau în societate, criteriul cantitativ este vădit insuficient.

Vom încerca să dovedim corectitudinea acestei afirmații, analizînd o problemă de strategie și de tactică militară. Facem cu atît mai bucuros această încercare, cu cît astfel de probleme se situează în cîmpul de preocupări ale cibernetic ienilor.

Este în afară de orice îndoială că mașinile de calcul pot efectua într-un termen extrem de scurt calculul necesar al efectivelor, al mijloacelor tehnice și al armamentelor, al rezervelor de alimente și de echipament, al mijloacelor medico-sanitare, al stării drumurilor și al mijloacelor de transport, pentru armata proprie și pentru inamic, pe baza informației obținute. Aceste date pot fi ireproșabile din punctul de vedere al preciziei. Cu aceeași precizie poate fi determinată topografia teatrului de operații. Trebuie luate în considerare și condiții ca arșița sau gerul, seceta sau inundarea drumurilor. Se pot obține date exacte și referitor la potențialul economic.

Dar toate aceste măsuri și calcule cantitative se pot dovedi insuficiente, dacă nu se va ține seama, bunăoară, de un factor atît de important ca moralul armatelor și al spatelui lor. Or, moralul nu se pretează la o măsurătoare cantitativă. Dispozitivele cibernetice, capabile să comande cu mare precizie focul artileriei antiaeriene, se dovedesc neputincioase să strîngă informație despre calitățile morale ale efectivelor, să prelucreze această informație și să reacționeze adecvat la ea.

Firește, va fi într-un avantaj considerabil armata care va dispune de un puternic arsenal de dispozitive cibernetice, capabile să recepționeze și să prelucreze repede informația referitoare la pregătirea trupelor în vederea unor operații strategice mai îndelungate și a unor operații tactice de mai scurtă durată. Însă toată această muncă auxiliară valoroasă se poate prăbuși, dacă nu va fi studiat concomitent, de astă dată nu prin metode cibernetice, moralul armatei proprii și al inamicului.

În remarcabila nuvelă *Batalionul celor patru*, scriitorul L. Sobolev povestește cum un grup de marinari sovietici a acceptat o

luptă inegală cu forțe superioare ale inamicului. Cînd, în cele din urmă, răniți, însîngerați, pansați cu fîșii rupte din bluze, s-au ridicat în picioare, gata să-și croiască drum printre sute de dușmani, s-au minunat și ei de forța lor.

„Și Perepelița spuse:

— Un marinar e un marinar, doi marinari sînt un pluton, trei marinari o companie... Cîți sîntem? Patru?... Batalion, ascultă comanda la mine!"

Cînd patru ostași echivalează cu un batalion, cînd un singur ostaș este cît un tanc amenințător, împotriva căruia pornește înarmat numai cu o sticlă de gazolină și cu curajul său personal, toate calculele cantitative își pierd valabilitatea. La aceasta ar trebui să se gîndească ciberneticienii care consideră că metodele cantitative sînt unicul criteriu sigur în rezolvarea problemelor de strategie și tactică militară.

Merită atenție și stimă tendința materialistă a lui Ashby, care spune că „noțiunile și metodele ciberneticii, care studiază relații cauzale complexe, sînt pe de-a întregul materialiste". Trebuie să ne lămurim însă despre ce materialism este vorba. Este suficient să analizăm argumentarea lui Ashby, pentru a ne convinge că el se situează pe pozițiile materialismului mecanicist.

După Ashby, diversele domenii de cercetare pot fi împărțite după criteriul liniarității sau neliniarității sistemelor sau mecanismelor studiate (Ashby caracterizează pe scurt sistemul liniar ca unul „în care efectul concomitent a două cauze este egal cu suma simplă a efectelor lor" — *N.A.*). Cu ajutorul teoriei sistemelor liniare putem rezolva complicate probleme tehnice, biologice și sociale. Iată cum abordează Ashby soluționarea unei probleme ca interacțiunea glandei tiroide cu hipofiza. După cum se știe, secreția uneia dintre aceste glande influențează funcționarea celeilalte. Ashby consideră că a reușit să demonstreze în ce fel teoria servomecanismelor (care se bazează pe teoria sistemelor liniare — *N.A.*) poate fi aplicată și folosită în tratamentul tulburărilor glandei tiroide. „Datorită acestor cercetări, s-a constatat că uneori o metodă de tratament considerată incontestabilă se poate dovedi diametral opusă metodei realmente necesare" — scrie Ashby.

Este de mirare că un fiziolog calificat, care se călăuzește după teoria sistemelor liniare, consideră că este pe deplin convingător să ia ca punct de plecare pentru rezolvarea problemei interacțiunii hipofizei cu tiroida prezența a două cauze în interacțiune. Ashby știe că secreția internă este un sistem complicat a

numeroase glande, între care există o interacțiune foarte complexă. Printre ele există unele cu activitate antagonică și altele cu o activitate sinergică. Funcționarea glandelor cu secreție internă este legată de activitatea unui sistem nervos autonom și de scoarța cerebrală. Tulburarea funcționării lor poate fi determinată de diferite cauze, între altele de un șoc afectiv. Cum se poate considera, în aceste condiții, că acționînd prin secreția hipofizei asupra funcționării tiroidei, sau invers, se va putea obține rezultatul dorit în toate cazurile de tulburare a activității acestor glande?

Dacă lucrurile ar fi atît de simple, lupta împotriva bolilor endocrine ar fi mult ușurată. Ar fi suficient să găsim antagonistul glandei bolnave și să acționăm prin secreția lui asupra ei. În realitate însă, situația este alta. Căci aici are loc interacțiunea nu a două cauze, ci a unui număr de factori considerabil mai mare, astfel că, în cazul de față, teoria sistemelor liniare nu ne dă un răspuns complet.

Dacă însă în unele cazuri medicii au înregistrat succese, atunci sau în aceste cazuri antagonismul celor două glande era cauza principală, sau medicii vedeau ceea ce voiau să vadă. Aceasta nu pune cîtuși de puțin la îndoială buna lor credință, însă cazurile de orbire subiectivă de acest fel sînt destul de frecvente în cercetările științifice, atunci cînd cercetătorul este atît de absorbit de ideea care-l pasionează, încît nu mai este în stare să aibă o atitudine critică față de rezultatele cercetării.

Ashby luptă, în principiu, pentru o simplificare cît mai mare a cercetării, mai ales cînd este vorba despre regiuni ca scoarța cerebrală și rolul ei în comportarea omului, deoarece la activitatea scoarței participă mii de milioane de elemente funcționale. Ashby este de părere că tocmai aici „arta simplificării trebuie ridicată la nivelul unei științe, deoarece înțelegerea limpede și completă a principiilor fundamentale ale simplificării poate fi de un folos inapreciabil".

Tendința spre simplificare este pe deplin legitimă în cercetarea științifică a unei probleme. Ea este tipică pentru majoritatea calculelor matematice. De asemenea, nu avem nimic de obiectat împotriva modelării simplificatoare, la care recurg fizicienii, chimiștii, fiziologii și specialiștii din alte domenii. Este o metodă necesară, dar totdeauna insuficientă. Viciul acestei metode iese la iveală atunci cînd simplificarea este considerată ca fiind calea unică pentru soluționarea problemei.

Simplificarea raţională este deosebit de necesară în cazurile cînd se studiază sisteme în care, paralel cu procese riguros determinate, există procese stochastice, adică întîmplătoare, cum este cazul scoarţei cerebrale, de exemplu. Făcînd o anumită analogie între sistemele homeostatice, care reconstituie prin autoreglare stabilitatea perturbată, şi creier, Ashby consideră posibil să rezolve cu ajutorul ciberneticii problema proceselor adaptative normale care au loc în creier. De aici nu mai sîntem departe pînă la stabilirea cauzelor perturbărilor patologice din activitatea creierului. „Cînd ne gîndim la un pacient care suferă, bunăoară, de o anumită manie — scrie Ashby —, nu ne referim la zborul fantezist al ideilor, atît de caracteristic pentru starea sa, ci mai ales la *instabilitatea* comportamentului său, fenomen binecunoscut în sistemele liniare, şi care se explică prin cauze bine determinate. Nu avem nevoie să citărn aici alte exemple ; putem spune cu toată certitudinea că unul dintre rezultatele aplicării noţiunilor ciberneticii constă în aceea că psihiatria se mecanicizează într-un anumit sens, devenind astfel mai accesibilă pentru metodele folosite în alte ştiinţe".

Să analizăm această afirmaţie a lui Ashby. În primul rînd, este inteligibilă şi pare ilogică opunerea „zborului fantezist al ideilor", mai pe şleau, a delirului, „instabilităţii" din comportamentul „pacientului". Într-o anumită privinţă, delirul este o expresie a comportamentului bolnavului. În multe cazuri, psihiatrii pun diagnosticul bolii nu atît pe baza comportamentului exterior al pacientului, pe baza caracterului faptelor sale, cît după natura delirului său. În afirmaţia lui Ashby răsună un ecou al behaviorismului, o ştiinţă despre comportament, care exclude din sfera observaţiilor sale conştiinţa omului, inclusiv stările confuzive ale conştiinţei. Este prea puţin probabil ca o astfel de „mecanicizare" a psihiatriei să contribuie la progresul ei.

În cazul de faţă, raţionamentul lui Ashby este o ilustrare a simplismului, cu ajutorul căruia putem rezolva deosebit de uşor pe hîrtie orice problemă. În realitate, lucrurile sînt mult mai complicate.

Ciberneticienii fiziologi au mai încercat să efectueze paralele între vibraţiile maşinilor şi tremurul care se constată la unele maladii. Este în afară de orice îndoială că unele cauze fundamentale pot fi similare. Dar este suficient să analizăm cu atenţie originea şi natura tremurului la boli sau la stări atît de diferite ale organismului cum sînt boala lui Parkinson, boala lui Basedow, arterioscleroza, isteria, leziunile cerebelului, consecutive unui mare efort fizic, dintr-un moment de groază, de excitaţie sexuală, de furie şi de nerăbdare, ca să nu mai vorbim despre o mulţime de alte boli sau stări, pentru ca să ne convingem că toate aceste varietăţi de tremur nu pot fi subsumate acţiunii aceloraşi cauze. Ce e drept, unii psihiatri americani au încercat să se călăuzească în practică după schemele cibernetice care le-au fost puse la dispoziţie, pentru a analiza cauzele tremurului în unele maladii. În anumite cazuri, aceste scheme se pot dovedi chiar corecte şi utile, dar în majoritatea cazurilor ele nu dau rezultate.

Este cunoscut că, în prezent, psihanaliza lui Freud se bucură de o mare răspîndire în S.U.A. Nu este exclus ca, în cazuri izolate, psihiatrii care folosesc această metodă să găsească adevărata cauză a unei nevroze într-un caz de inversiune sexuală. Dar atunci cînd ei recurg la aceasta pentru a explica şomajul, ei se situează în afara ştiinţei.

Aşadar, tendinţa spre simplificare nu dă totdeauna rezultate pozitive în ştiinţă.

Ştirea că a fost construită o maşină cibernetică pentru diagnosticarea diverselor boli a fost primită cu entuziasm. În presă s-a scris despre o maşină cibernetică în care medicul curant trebuie să introducă un program constînd din datele anamnezei (istoricul bolii), simptomele descoperite la examinarea bolnavului, datele analizelor clinice de laborator, radiograma, electrocardiograma sau encefalograma ; prelucrînd aceste date, maşina va putea să stabilească diagnosticul exact al bolii sau să pună la dispoziţia medicului cîteva diagnostice probabile. Ciberneticienii susţin că maşinile de diagnostic îşi justifică menirea prin faptul că îi determină pe medici să construiască o teorie logică a diagnosticului, asemănătoare cu cea după care se călăuzesc constructorii maşinilor de tradus.

În aceste ştiri şi consideraţii, adevărul este amestecat cu eroarea. Ar fi o absurditate să contestăm ajutorul real pe care-l acordă medicinei diversele dispozitive cibernetice care permit, de exemplu, măsurarea presiunii din interiorul inimii, distribuţia sîngelui în diverse sisteme ale organismului, tensiunea intracerebrală şi alte procese care au loc în organism şi sînt inaccesibile privirii medicului. La fel cu analizele de laborator, cu radiograma sau cu radioscopia, cu electrocardiograma şi cu encefalograma, dispozitivele cibernetice pot fi de un nepreţuit ajutor pentru medici, nu numai în stabilirea diagnosticului, ci şi ca

asistenți indispensabili la operațiile chirurgicale deosebit de complicate (la cord, la creier).

În această privință, împărtășim pe deplin părerea Ekaterinei Alekseevna Șkabar, cercetător principal la Institutul de matematică al Academiei de științe a R.S.S. Ucrainene, care a elaborat proiectul unui diagnostician electronic, capabil să ușureze stabilirea diagnosticului unor boli, îndeosebi ale cordului. După opinia savantei, pe care o împărtășesc clinicieni de seamă, „tehnica electronică de calcul poate da medicilor posibilitatea de a stabili precis și obiectiv maladiile cordului și ale altor organe interne, ajutînd în numeroase cazuri la evitarea erorilor tragice de care ne lovim cîteodată în clinică".

Dar diagnosticul diferențial cere din partea fiecărui medic curant o analiză aprofundată a simptomelor bolii, în primul rînd să le considere în dinamica lor, nu în mod static. În procesul evoluției bolii, simptomele se pot manifesta în succesiuni diferite. Unele dintre ele sînt stabile, altele variază. Mașina cibernetică poate face față și dinamicii maladiei, dar ea nu poate stabili în ce direcție se orientează procesul. Conform înțeleptei reguli că „nu există boli, ci numai bolnavi", aceeași maladie decurge în mod diferit și este suportată în mod diferit de diverși bolnavi. Medicul are obligația de a se gîndi la sfîrșitul posibil al bolii. În diverse cazuri, el este nevoit să dea prescripții diferite pentru aceeași maladie. Totodată se întîlnesc, adesea, bolnavi care suferă concomitent de mai multe afecțiuni, ceea ce de obicei complică în mod considerabil diagnosticul. În sfîrșit, pentru medic prezintă o mare importanță cunoașterea personalității bolnavului, fără de care, în anumite cazuri, nu este posibil să deosebească o maladie adevărată de una închipuită sau provocată prin autosugestie, să pună în evidență agravarea subiectivă la anumiți bolnavi și tendința altora de a se eschiva de la tratament.

Nu toate datele enumerate mai sus pot fi puse la dispoziția unei mașini cibernetice. Ce mașină va fi în stare să codifice informația asupra calității durerii, — surdă, ascuțită, continuă sau intermitentă, înțepătoare, tăioasă, fulgerătoare, sîcîietoare, strict localizată sau difuză? Poate fi oare calculată cantitativ starea psihică a bolnavului — suferință, teamă, anxietate, indiferență? Dispozitivele cibernetice, care lucrează pe bază de metode cantitative, pun la dispoziția medicului date extrem de prețioase, dar diagnosticul trebuie să-l pună numai medicul, care completează aceste date cu observațiile sale personale și cu o apreciere psihologică profundă a individualității bolnavului.

Medicina este un ansamblu de cunoștințe științifice care se bazează pe numeroase domenii ale științelor naturii și ale științelor sociale, însă diagnosticarea bolilor, care se bazează pe logica examenului medical al bolnavului, implică conștiința înaltei responsabilități a medicului.

În această privință, comparația dintre diagnosticianul cibernetic și mașina de tradus nu este prea legitimă. Mașinile de tradus fac față relativ bine sarcinii de a traduce un text științific relativ uniform, dar ele nu pot, în stadiul actual al dezvoltării traducerii automate, să dea tălmăcirea unei lucrări beletristice, a cărei limbă nu se pretează la o logicizare riguroasă. Se pare că nu avem motive să ne așteptăm în această direcție la un progres esențial, după cum este greu să contăm pe crearea unei mașini cibernetice, care să compună muzică în adevăratul sens al cuvîntului.

Iată pe ce plan nu împărtășim entuziasmul exagerat al unor ciberneticieni care proiectează „diagnosticieni cibernetici". Dacă mașina cibernetică pune la dispoziția medicului date valoroase referitoare la starea diverselor sisteme sau organe ale bolnavului, ea îl ajută pe medic. Dacă ea îl scutește însă pe medic de necesitatea de a gîndi și pune ea singură diagnosticul pe baza datelor obținute, conducînd apoi și tratamentul bolnavului, mașina face ca medicina să regreseze pînă la nivelul unei vrăjitorii.

Nu conține oare tendința de a crea „diagnosticieni cibernetici", actualmente pe cale de a fi realizată în S.U.A., un simplism extrem, împotriva căruia, de altfel, avertizează și Ashby? Să nu uităm că esența revoluției tehnice pe care o produce cibernetica constă în aceea că, la activitatea mașinilor, care măresc considerabil puterea mîinilor și a organelor de simț ale omului, se adaugă mașini de calcul perfecționate și numeroase servomecanisme, care amplifică puterea activității creierului. În același timp, nici una dintre cele mai perfecționate mașini nu scutește creierul omului de nevoia de a gîndi, de a descoperi noul în lumea reală și de a o transforma în mod creator.

Generată de progresul științific și tehnic, cibernetica poate contribui, la rîndul ei, la progresul continuu și mai puternic al omenirii, dacă ea își va defini clar pozițiile metodologice în spiritul celei mai înaintate și mai progresiste concepții asupra lumii, stabilindu-și, pe această bază, sfera sarcinilor. Succesul dezvoltării ciberneticii depinde de măsura în care ea va folosi practic

legile generale ce se manifestă în diversele forme ale mișcării materiei.

Aceasta trebuie subliniat, deoarece cibernetica pretinde nu numai să descifreze unele enigme ale materiei vii, ci și să intervină efectiv în activitatea societății umane. Desigur, nu putem nega importantul rol auxiliar al ciberneticii în soluționarea unei serii de probleme sociale. Considerații interesante în legătură cu aceasta au fost expuse în articolul lui E.A.Arab-Oglî, *Sociologia și cibernetica* [4]. Autorul caracterizează corect rolul de auxiliar pe care îl joacă cibernetica în științele sociale, fără a se ocupa de problema dacă sînt legitime, și în ce măsură anume, analogiile dintre unele procese care au loc în societate și în alte sisteme cu autoreglaj.

Or, întemeietorii ciberneticii, N. Wiener și W. R. Ashby, nu țin seama de specificul fenomenelor sociale și le analizează de pe pozițiile teoriei sistemelor liniare. După Ashby, „marile sisteme sociale și economice sînt într-o măsură suficientă liniare prin proprietățile lor, pentru ca să le putem aplica teoria sistemelor liniare". Folosind marile calculatoare „analogice", putem stabili dinainte și repede planificarea modificărilor posibile în aceste sisteme: „Utilizarea datelor referitoare la servomecanisme sau la mecanismele de reglaj poate contribui la ridicarea pe o treaptă mai înaltă a planificării modificărilor efectuate în societate sau într-un sistem economic".

Considerînd societatea drept un sistem cu proprietăți homeostatice, Ashby admite că ea poate rezista oricăror fenomene distructive, de exemplu unei foamete, epuizării unei mine sau unei secete, datorită adunărilor bătrînilor, dacă este vorba despre un sat, sau datorită unui sistem de reglementare mai complicat, care se realizează în societate. Ashby prezintă societatea sub forma unui ansamblu de milioane de individualități, acționînd fiecare după aceleași legi, deși societatea în ansamblu este mai presus de individualitate. „După cum milioane de celule nervoase — scrie Ashby — pot constitui creierul, care manifestă aptitudini de gîndire de ordin incomensurabil mai înalt decît fiecare celulă nervoasă în parte, putem construi în zilele noastre o societate din milioane de oameni, în așa fel încît ea să manifeste o rațiune de ordin mai înalt decît orice individ. Astăzi, sîntem în stare să amplificăm rațiunea".

[4] Vezi „Probleme de filozofie", nr. 5, 1958.

Este în afară de orice îndoială că societatea poate fi reconstruită pe baze raționale. Acest proces se realizează practic în prezent în țările sistemului socialist. El a devenit posibil, dar nu datorită ciberneticii, ci pentru că oamenii care realizează această măreață reconstrucție sînt înarmați cu cunoașterea legilor dezvoltării sociale și cu hotărîrea revoluționară de a făuri cea mai înaltă și mai desăvîrșită orînduire socială de pe Pămînt.

Ce înseamnă a crea o societate care manifestă o rațiune de ordin mai înalt decît fiecare individ în parte? Ce trebuie să înțelegem prin această rațiune? Cibernetic ienii vor primi răspunsuri diametral opuse la aceste întrebări, dependente de persoanele cărora li se vor adresa. Ciberneticienii burghezi nu au înțeles pînă acum că în societate există clase, că în societatea capitalistă interesele claselor sînt diametral opuse, că între principalele clase ale societății se desfășoară o luptă neîncetată, care trebuie să se încheie prin victoria clasei muncitoare și prin construirea societății fără clase.

Cum se poate conta, în aceste condiții, pe autoreglarea societății, similară cu cea a unui homeostat? Nu este oare clar că teoria sistemelor liniare nu poate fi aplicată în întregime dezvoltării societății și că încercările teoreticienilor burghezi ai ciberneticii de a o aplica în acest sens nu au șanse de succes?

Marxiștii, care încearcă să înțeleagă esența și însemnătatea ciberneticii, ca un domeniu al cunoașterii nou și cu mari potențialități, se află în primul rînd în fața sarcinii justificate de a studia cibernetica, de a înțelege principiile ei fundamentale, metodele și tendințele ei de dezvoltare. Nu ar fi oare tot atît de justificat să ridicăm aceleași pretenții față de ciberneticienii care abordează diversele domenii ale cunoașterii umane fără a ține seama de specificul obiectului pe care-l cercetează? Ne-am convins că teoria sistemelor liniare, ireproșabilă în aplicațiile ei tehnice, necesită anumite corective atunci cînd o aplicăm fenomenelor biologice și corective mai mari cînd încercăm s-o extindem asupra societății omenești.

Sîntem în drept să ridicăm aceste chestiuni și pentru că teoreticienii occidentali ai ciberneticii au o idee neclară — după cum reiese din formulările lor — asupra soartei noii științe și asupra rolului pe care este menită să-l joace în dezvoltarea societății contemporane.

Contribuind la progresul tehnic, la continua automatizare pe scară largă a producției, la introducerea în practică a unor mașini de calcul și a unor sisteme de reglaj dintre cele mai com-

plicate şi mai precise, care comandă şi controlează producţia, cibernetica va contribui, incontestabil, la creşterea productivităţii muncii. Dar în condiţiile capitalismului, aceasta va duce inevitabil la o ascuţire a contradicţiilor de clasă în interiorul societăţii. După cum recunosc chiar ciberneticienii, aici progresul în domeniul tehnic va fi însoţit inevitabil de o creştere colosală a şomajului şi a sateliţilor săi — mizeria şi foamea. Iată ce scrie despre aceasta Wiener, în cartea sa, *Cibernetica şi societatea*: „Este cu totul evident că introducerea maşinilor automate va genera un şomaj în comparaţie cu care actuala depresiune a producţiei şi chiar criza din anii 1930 vor apărea ca o glumă nevinovată... Aşadar, noua revoluţie industrială este o sabie cu două tăişuri. Ea poate fi folosită spre binele omenirii... Ea poate fi folosită, de asemenea, pentru a distruge omenirea, dacă nu va fi aplicată cu competenţă..." [5].

Autorul cărţii se consola pentru că, la conferinţele la care participase, reprezentanţii cercurilor de afaceri dăduseră dovadă de „înţelegere faţă de pericolul social al noii tehnici şi faţă de obligaţiile sociale care revin persoanelor cu răspundere guvernamentală". De aceea, în 1956, el nu era atît de pesimist, ca atunci cînd a publicat prima ediţie a cărţii sale, adică cu trei ani înainte.

În acest răstimp, şomajul crescuse considerabil în S.U.A., atingînd aproape 10% din numărul muncitorilor ocupaţi în industrie (6,4% şomeri totali). Reprezentanţii cercurilor de afaceri, despre care întemeietorul ciberneticii îşi închipuia, cu naivitate, că sînt preocupaţi de utilizarea noilor posibilităţi „spre binele omului, în interesul sporirii timpului său liber şi al îmbogăţirii vieţii sale spirituale, şi nu numai pentru a obţine profituri şi a se închina maşinii ca unui nou idol" [6], s-au dovedit a fi pe de-a întregul la nivelul intereselor lor de întreprinzători, manifestînd o totală indiferenţă faţă de pericolele sociale generate de automatizarea producţiei.

Pînă şi ziarul lui Hearst, „New York Journal and American", a recunoscut întregul tragism al situaţiei şomajului american. „Pentru şomerul din Detroit, Pittsburg sau Los Angeles — scrie ziarul — automatizarea este întrupată de maşină. Pentru el, maşina este monstrul care i-a răpit mijloacele de trai, care a făcut familia sa dependentă de ajutorul organizaţiilor filantropice şi l-a silit să bată zi de zi drumurile, căutînd zadarnic de lucru..." Drumul spre catastrofă — aşa caracterizează în trei cuvinte ziarul uniunii sindicale AFL-CIO, «News», actualul proces de automatizare şi de mecanizare a producţiei în Statele Unite" [7].

[5] N. Wiener. *Cibernetica şi societatea*, pp. 166—167.
[6] *Ibidem*, p. 167.

Evident, optimismul lui Wiener era prematur. Mai exact, nu optimismul, ci credulitatea cu care a primit asigurările magnaţilor industriei. Imensa cantitate de bunuri produse cu ajutorul automatelor şi al dispozitivelor cibernetice nu poate fi desfăcută din cauza scăderii continue a puterii de cumpărare a populaţiei din S.U.A. Această contradicţie, chiar în condiţiile existenţei exportului, este grevată de mari zguduiri sociale. Cibernetica joacă rolul de coroană de spini a progresului tehnic din societatea capitalistă, de prevestitor al pieirii ei.

Altele sînt perspectivele care i se deschid ciberneticii în ţările sistemului socialist, şi mai ales după victoria comunismului. Ca puternic instrument de progres tehnic şi ca auxiliar într-o serie de alte domenii ale cunoaşterii, cibernetica va ocupa un loc de seamă în viaţa societăţii în continuu progres. Ea va contribui la creşterea productivităţii muncii şi, pe această bază, la reducerea timpului necesar şi la mărirea timpului liber al oamenilor muncii, care-l vor putea folosi pentru satisfacerea celor mai variate nevoi. Contribuind într-o măsură imensă la crearea abundenţei de bunuri materiale şi ajutînd la dezvoltarea ştiinţei şi a artei creatoare de valori culturale, cibernetica se va bucura de recunoaştere şi de stimă unanimă.

Sarcina filozofilor marxişti constă în a aprecia lucid posibilităţile reale şi tendinţele dezvoltării ciberneticii, ca un nou şi progresist domeniu al cunoaşterii, de a stimula munca ciberneticienilor, ferindu-i totodată de înflăcărări inutile şi de paşi lipsiţi de precauţie în cazurile în care, uitînd de legile fundamentale ale dialecticii materialiste, ei extind în mod mecanicist legile şi principiile valabile pentru formele inferioare ale materiei la formele ei superioare.

Desigur, în dezvoltarea unei ramuri noi a cunoaşterii, sînt posibile erori, rătăciri, zigzaguri şi impasuri temporare. Dar farul puternic al concepţiei marxist-leniniste luminează pentru cibernetică, la fel ca şi pentru celelalte domenii ale cunoaşterii, calea dezvoltării progresiste, spre binele omenirii de astăzi şi de mîine.

[7] „Pravda" din 21 iunie 1959.

Fiziologia şi cibernetica

P. K. ANOHIN
membru al Academiei de ştiinţe medicale a U.R.S.S.

Dacă vom admite părerea extrem de răspîndită, potrivit căreia cibernetica este în prezent curentul ştiinţific cel mai sintetic şi, totodată, cel mai tînăr, care-şi mai trăieşte încă stadiul de pruncie, vom putea afirma fără teamă că cea dintîi şi cea mai grijulie doică a pruncului a fost fiziologia.

Este cunoscut că N. Wiener, iniţiatorul curentului ciberneticii, care a enunţat principiile ei matematice, s-a orientat curînd spre studierea profundă a fiziologiei. El a venit la Universitatea din Ciudad de Mexico, la bunul său prieten A. Rosenblueth, elev al lui Walter Cannon. Aici el a studiat principiile generale ale funcţionării organismelor şi maşinilor, experimentînd, totodată, posibilitatea aplicării analizei matematice la fenomene de ordin fiziologic. Abia după aceea, Wiener a căpătat curajul de a analogiza activitatea organismelor şi a maşinilor, iar ideile sale asupra organismului viu au luat caracterul unei certitudini ştiinţifice.

Intr-o convorbire cu autorul acestor rînduri, profesorul Rosenblueth i-a comunicat că Wiener nu s-a mărginit doar să studieze teoretic fiziologia, ci a desfăşurat o activitate propriu-zis experimentală. Aceasta i-a asigurat libertatea în alegerea exemplelor fiziologice, atît de abundente în ultimele sale scrieri.

Ce reprezintă aşadar cibernetica în rîndul disciplinelor ştiinţifice, în perioada actuală a dezvoltării ei?

Cibernetica este un nou domeniu ştiinţific, care urmăreşte să găsească principiile comune în funcţionarea maşinilor, a organismelor şi a societăţii, şi să elaboreze, pe baza acestor principii, regulile matematice ale dirijării şi ale reglării sistemelor care cuprind o conexiune inversă.

In prezent, nu există încă o formulă generală care să îmbrăţişeze destul de complet toate ramurile activităţii de cercetare

apărute pe baza acestui nou curent. In timp ce unii oameni de ştiinţă îşi îndreaptă atenţia asupra posibilităţii de a conduce diversele maşini şi de a regla funcţionarea lor cu ajutorul conexiunii inverse, alţii, dimpotrivă, îşi concentrează atenţia asupra faptului însuşi al prezenţei informaţiei în sistemele de execuţie complexe. Astfel a apărut teoria informaţiei, care constituie, în esenţă, numai un fragment din principiul abordării cibernetice a fenomenelor complexe.

Există şi savanţi care pun accentul pe importanţa fecundării reciproce a diverselor discipline ştiinţifice, care au ajuns de-a lungul istoriei la o extremă specializare, şi trebuie neapărat să vedem în aceasta o proprietate dintre cele mai importante ale orientării cibernetice. Pe plan istoric, dezvoltarea ştiinţei s-a produs prin sublinierea diversităţii domeniilor de cunoaştere, a diversităţii proceselor şi, adesea, a unor funcţii de amănunt. Dar s-a observat curînd că, în această specializare extremă, cercetătorul pierde frecvent din vedere orizontul de ansamblu al problemei.

Chiar din momentul apariţiei ei, cibernetica a urmat calea depăşirii acestei specializări. Încă la primele congrese de cibernetică au participat oameni cu cele mai diferite specialităţi: matematicieni, filozofi, fiziologi, economişti etc. Se putea pune întrebarea: ce trăsături comune au specialiştii de profil atît de diferit? Totuşi, aceste trăsături comune există, şi contactul stabilit de atunci între diverşii specialişti se menţine. Aproape fiecare ţară are o asociaţie specială care discută la conferinţele ei principiile comune, generale care stau la baza a numeroase curente ştiinţifice şi tehnice specializate.

1. Unele principii particulare ale ciberneticii

Chiar de la începutul dezvoltării ciberneticii ca orientare ştiinţifică integratoare, s-au conturat aspectele nodale, de cea mai mare eficienţă practică şi care se pretează cel mai uşor la o prelucrare matematică. De aici provine relativa disproporţie dintre soluţionarea principiilor generale ale gîndirii ciberneticii şi a problemelor particulare, care constituie doar puncte nodale în sistemul ciberneticii. Aceasta este cauza pentru care principiile generale ale ciberneticii sînt în prezent mai puţin studiate şi

mai puțin clare sub raport științific decît principiile ei particulare, care i-au creat reputația îndreptățită de a fi un curent de cea mai mare utilitate, nu numai pe plan teoretic, ci și practic. Totodată, cercetarea problemelor particulare s-a desfășurat atît de intens, încît ele au fost foarte frecvent substituite domeniului propriu-zis al ciberneticii.

Astfel, s-au dezvoltat foarte mult teoria informației, teoria programării, teoria reglajului automat, teoria codificării etc. Aici s-a întîmplat ca cibernetica să ajungă într-o situație asemănătoare cu aceea pe care a combătut-o cu atîta vehemență la începutul dezvoltării ei: unele dintre domeniile ei particulare au fost atît de amplu cercetate (teoria informației și teoria comunicațiilor), încît numeroși autori nu mai vor să știe nimic din cibernetică, cu excepția acestor domenii speciale.

Teoria informației este un sector de cea mai mare importanță al ciberneticii, care relevă punctele de contact între funcționarea mașinilor, a societății și a organismelor. Înțelegem prin informație suma influențelor sau acțiunilor exercitate asupra unui organism, unei mașini sau unei societăți, care determină ceva nou în activitatea acestor sisteme și poate folosi pentru construirea comportamentului lor ulterior sau pentru acțiunile lor ulterioare. Prin noțiunea de informație se nivelează semnificația, valoarea semnalelor de la intrare, indiferent de sistemul în care intră, cu condiția de a fi importante pentru funcționarea acestui sistem. Astfel, vederea unui carnivor, ca stimul vizual pentru un animal mic, afișul care-l anunță pe om că rulează un film nou, jetul de lumină din becul unei celule fotoelectrice făcînd parte din dispozitivul unei mașini reglate automat sînt, toate, informație care poate fi exprimată prin parametri fizici, iar aceștia, la rîndul lor, pot fi reprezentați în modul cel mai exact prin mărimi matematice. Este cu totul evident că soarta informației și a transformărilor pe care le va suferi în diversele etape ale propagării ei prin sistemele funcționale poate fi, bineînțeles, foarte diferită, în funcție de calitatea și de specificul acestor sisteme. Dar însuși faptul generalizării și sintetizării acestor semnale în noțiunea de informație atestă un important progres.

După cum cred unii matematicieni și cibernetcieni, tăria curentului cibernetic constă în faptul că calculul matematic al parametrilor fizici pentru un sistem funcțional cu o alcătuire mai simplă (o mașină) va da posibilitatea de a analogiza, într-o anumită măsură, acest calcul și pentru sisteme funcționale mai complicate (organismul și societatea), iar pe viitor, aflarea legilor matematice generale va contribui la cercetarea progresivă în organismele vii a proceselor care erau pînă acum inaccesibile investigației.

Pentru cibernetică este foarte important faptul că informația circulă permanent în toate sistemele de execuție cu reglaj automat și, ceea ce este deosebit de important, circulația ei are loc atît în sens direct (pe căile de comandă a obiectului), cît și în sens invers (pe calea informării asupra stării obiectului). Astfel, a apărut treptat problema specială de a calcula cu precizie parametrii semnalelor de la intrare, legile lor, transformările lor în toate subansamblele sistemului și relația lor cu efectul final. Teoria informației are o importanță deosebit de mare pentru studiul organismelor. De exemplu, calculul exact al parametrilor unui stimul vizual sau auditiv, care acționează la un moment dat asupra organismului, s-a îmbogățit considerabil datorită dezvoltărilor matematice pe care le oferă teoria informației. Dacă vom considera faptul transformării ulterioare a acestei informații, adică faptul convertirii energiei luminoase în energie nervoasă a excitației, atunci precizarea parametrilor fizici ai stimulului se va dovedi extrem de utilă.

În prezent, problema aplicării teoriei informației la procesele fiziologice, în special în domeniul fiziologiei organelor de simț și a analizorilor, este studiată în Uniunea Sovietică de profesorul G. V. Gherșuni. Teoria informației și-a găsit, într-o serie întreagă de cazuri, o aplicare dintre cele mai surprinzătoare. Dat fiind că orice influență exercitată asupra organismului conduce inevitabil la anumite restructurări intramoleculare sau la modificări în elementele receptoare specifice sau în celulele întregului corp al organismului, a apărut ideea că și celulele corpului, care cumulează ansamblul însușirilor ereditare ale omului, capătă și ele „informație". În ultimii ani, studiul acestei probleme se desfășoară intens în mai multe țări, între care și în Uniunea Sovietică. Oamenii de știință caută să elucideze ce influențe asupra celulelor germinale poate contribui la mărirea informației moleculelor proteinice condensate în lănțișoare ale nucleului și ale protoplasmei și în ce fel această informație poate să ajungă pînă la etapele dezvoltării ontogenetice a organismului.

După cum ne putem da seama, transformarea și transmiterea informației în mașini, în organisme și în societate constituie fundamentul comun care unește aceste sisteme diferite.

De aceea, este de la sine înțeles că teoria informației, care studiază posibilitatea transmiterii informației, și nu a energiei, trebuia să se lovească de o serie întreagă de importante probleme noi pentru știință. Dintre aceste probleme fac parte aprecierea fizică și tehnică a nodurilor decisive în transmiterea informației, calculul diverșilor parametri ai informației, care prezintă o deosebită importanță pentru științele biologice, codificarea în complexe cu economicitate a informației de diverse feluri etc.

Astfel, s-a format treptat o întreagă știință care a dezvăluit posibilitatea analizei unor laturi din transmiterea informației, necunoscute anterior științei. În prezent, în fiziologie se folosesc pe scară largă diversele propoziții ale teoriei informației și, îndeosebi, diferitele procedee de codificare a informației, datorită cărora se realizează în sistemul nervos al organismului o reflectare cît se poate de fină și de adecvată a lumii exterioare.

Trebuia să apară inevitabil problema capacității de transmisie a canalelor prin care circulă informația. În adevăr, dacă urechea omului percepe o gamă de frecvențe perfect determinată, iar în componența sonoră a vorbirii există o combinație de vibrații modulate ale acestor frecvențe, care sînt cele mai favorabile auzului, trebuie să se pună în mod inevitabil problema limitei pînă la care aparatul auditiv poate admite diversele solicitări posibile, determinate de vibrațiile sonore. Începe, astfel, să se despartă, treptat, din făgașul principal al teoriei informației o ramură nouă, anume „teoria comunicațiilor", pentru care una dintre sarcinile fundamentale constă în a calcula capacitatea de transmisie a canalelor de comunicație. Pentru dezvoltarea acestei teorii, ca domeniu particular al ciberneticii, au fost create școli întregi, ea a jucat un rol uriaș în perfecționarea mijloacelor de telecomunicații și, în special, în lupta împotriva zgomotelor și împotriva așa-numitei pierderi de informație.

Pentru fiziologia sistemului nervos, aceste două capitole particulare ale ciberneticii — teoria informației și teoria comunicațiilor — joacă un rol important. Ele permit aplicarea aparatului matematic la analiza impulsurilor nervoase, care apar și se transmit cu diverse viteze prin conductorii nervoși. Astfel, se poate calcula raportul de timp dintre impulsurile nervoase care ajung la aparatul ganglionar cu frecvențe diverse și propagîndu-se prin fibre nervoase diferite. Viteza de desfășurare a

reacțiilor biochimice care excită ganglionii și parametrii fizici ai excitațiilor de intrare, la diverși coeficienți de temperatură cunoscuți, pot determina, într-o măsură considerabilă, predicția efectului final și soarta excitațiilor nervoase de la intrarea sistemului nervos central. Aceasta este latura problemei care se bucură în ultimii ani de o deosebită atenție din partea lui N. Wiener.

Pentru a aprecia importanța tratării matematice în studiul fenomenelor fiziologice, vom analiza următorul exemplu. Să admitem că, în cîmpul vizual al unei pisici, a apărut deodată o vrabie în zbor; pisica face o mișcare rapidă și apucă sau nu vrabia. Ce se întîmplă în acest moment în sistemul nervos al pisicii? Putem afirma cu toată certitudinea că elementele optice din ochiul pisicii capătă informație, exprimată în parametrii luminozității sau strălucirii, în parametrii formei și în parametrii dinamici ai deplasării vrabiei în spațiu. Desigur, aceștia nu sînt singurii parametri ai informației optice pe care o recepționează pisica, deoarece știm că ea nu va întinde laba dacă pasărea zboară deasupra unui copac. Aceasta înseamnă că unul dintre parametrii componenți ai informației de care ne ocupăm este și parametrul distanței. Altfel spus, asupra aparatului optic al pisicii acționează un mare număr de stimuli, care constituie informația de la intrare. Care este soarta acestei informații în sistemul nervos central al pisicii?

Aici se îmbină doi factori importanți: informația specifică sau filogenetică, fixată ereditar în conexiunile nervoase corespunzătoare din creierul pisicii, și informația episodică, care a ajuns la momentul considerat la aparatul optic al pisicii. Este oare posibil ca, pe baza acestor două componente esențiale, să calculăm forma mișcării, sau forma de comportament care se va produce ca răspuns la această excitație? Din punct de vedere matematic, putem calcula randamentul excitației, dacă vom cunoaște sistemele de conexiuni dintre aparatele de analiză din creier și efectorii motorii care comandă direct mișcările labei. Dar tocmai în aceasta rezidă cauza scepticismului unor fiziologi și biologi în privința posibilităților ciberneticii și a tendinței ei de a exprima matematic diversele forme comportamentale.

În adevăr, dacă același fenomen optic se desfășoară în fața ochiului unui iepure de casă, putem spune cu toată siguranța că el nu se va repezi să prindă vrabia, deși aparatul său motoriu

este, și el, într-o anumită măsură, suficient pentru a efectua această mișcare.

Așadar, vedem că, oricît de precis s-ar calcula integrala informației de la intrare și oricît de exact ar fi calculate particularitățile comunicaționale ale sistemului optic, ne lovim de specificul biologic al transformării ulterioare a acestei informații, și deci trebuie să o exprimăm, vrînd-nevrînd, în termeni ai structurii și ai eredității. Bineînțeles, aceasta nu exclude nicidecum posibilitatea ca analiza ulterioară să fie efectuată cu ajutorul unor calcule matematice, însă ciberneticianul se va lovi pe acest parcurs de obstacole din ce în ce mai numeroase, dependente de specificul informației ereditare înmagazinate în celulele, în sinapsele și în structurile proteinice ale respectivelor elemente nervoase.

Toate cele expuse mai sus se referă doar la o acțiune reflexă, iar dacă mai adăugăm, ca pe o consecință absolut obligatorie, informația despre rezultatele acțiunii, este de la sine înțeles că problema se va complica în mod considerabil. Dar de aceasta ne vom ocupa mai amănunțit în cele ce urmează.

In dezvoltarea ciberneticii ca un curent științific de sine stătător a jucat un rol important ideea de conexiune inversă *(feed back)*. Unii matematicieni, fizicieni și chiar fiziologi sînt de părere că tocmai constatarea existenței conexiunilor inverse sau a informației inverse a contribuit la dezvoltarea teoriei reglajului automat, care constituie, în esență, o nouă etapă în teoria comenzii, controlului și reglajului. Aici există o parte de adevăr, deoarece, înainte ca conexiunea inversă să fi apărut în cîmpul vizual al matematicienilor și al inginerilor, era greu să se spere într-o dezvoltare a teoriei reglajului automat.

Rostul conexiunii inverse în dispozitivele mecanice rezidă în capacitatea obiectului comandat, în vederea căruia a fost construit întregul sistem funcțional, de a transmite, dispozitivului de comandă, prin canalele de conexiune inversă, informație despre starea sa. Prin aceasta, circuitul reglajului se închide, și intervenția omului în acest stadiu al funcționării mașinii devine superfluă. Aici este important ca însuși dispozitivul de reglaj să poată prelucra informația inversă obținută referitor la starea obiectului comandat și să trimită o nouă comandă de reglaj, în conformitate cu modificările apărute în obiectul reglat.

Tehnica actuală a reglajului automat ne oferă mii de exemple pentru această conexiune inversă, iar realizările cele mai recente ale tehnicii electronice, care cuprinde și transformă toate tipurile

de energie, ne permite să proiectăm și să construim orice dispozitive de informație și orice scheme de comunicație. Astfel, nevoia unui oraș în domeniul energiei electrice, pe care o capătă de la o centrală electrică situată la munte, poate să crească brusc, bunăoară, în legătură cu anumite iluminări festive. Aceasta acționează asupra releelor electronice ale centralei electrice care, automat, în funcție de această solicitare, fac să crească debitul de apă prin canalele de rezervă, sporind astfel producția de energie electrică. Intregul proces de reglaj automat al funcționării centralei electrice de la munte în legătură cu nevoile de energie ale unui mare oraș se poate desfășura, după cum am văzut, fără participarea omului, numai pe baza informației inverse permanente venite de la obiectul reglat (nevoile de energie ale orașului).

Putem trece peste o serie întreagă de principii științifice ale ciberneticii, cum ar fi programarea și codificarea, folosite în prezent pe scară largă în funcționarea mașinilor de calcul. Putem doar să menționăm că activitatea receptorilor diverselor organe în funcție de succesiunea unei salve de impulsuri este codificată într-un mod extrem de complicat. In diversele instanțe ale sistemului nervos central, acest „cod" este descifrat, iar informația inițială unică se diversifică și se distribuie prin diferitele „canale de comunicație" ale sistemului nervos central. Din punct de vedere medical și fiziologic, este important să insistăm aici asupra unui capitol al științei care, de obicei, este pus în strînsă legătură cu apariția ciberneticii: teoria modelării. Înțelegem prin aceasta teoria care se ocupă de posibilitatea modelării mecanice și electronice a unor procese din organismele vii. Sînt bine cunoscute lucrările lui Gray Walter în domeniul creării unor modele de broaște-țestoase electronice, capabile să ocolească singure un obstacol, să-și elaboreze reflexe condiționate și chiar să-și schimbe „starea de spirit" sau „dispoziția". Există încercări de a modela o vulpe, șoareci etc. Putem auzi frecvent că această modelare ar constitui începutul unui progres al electronicii care, în cele din urmă, va conduce la modelarea omului.

Deosebit de interesante și instructive sînt modelele electronice construite de savantul englez Ashby. El și-a concentrat atenția asupra procesului fiziologic pe care Cannon l-a denumit homeostază. Ashby a dat „ființelor" sale electronice denumirea de „homeostate". Datorită unor dispozitive speciale, homeostatul este capabil să mențină o anumită constantă dinainte fixată, de exemplu temperatura, opunîndu-se totodată agenților care tind să reducă

această temperatură. După cum crede Ashby, homeostatul poate chiar „să acumuleze" experiență. De la o vreme, această acumulare de experiență, care este o proprietate specifică a organismului viu, a devenit obiect de cercetare al cibernetic ienilor. Altfel spus, ei s-au apropiat de modelarea reflexului condiționat în diferite dispozitive electronice.

Desigur, teoria modelării a înregistrat anumite succese, dar de foarte multe ori nici chiar autorii acestor modele nu-și dau seama *ce anume* modelează ei din multiplele fenomene ale vieții și ale comportamentului animalelor. Numai analiza minuțioasă a ceea ce reproduce un model anumit dintre diverșii parametri ai organismului poate ajuta la dezvoltarea continuă a modelării, indicîndu-i totodată cibernetic ii limitele modelării fenomenelor biologice.

În adevăr, mișcarea unui obiect metalic nu cuprinde nimic uimitor. Știm de mult că atît proiectilul de artilerie, cît și locomotiva se mișcă, și deci problema felului în care urmează să modelăm o mișcare asemănătoare după caracteristicile ei exterioare cu mișcările unui animal este cunoscută. Grație uneia dintre aceste mișcări, broaștele țestoase electronice construite de Gray Walter, „simțind" că-și pierd sarcina electrică, se îndreaptă spre un loc determinat pentru a se „încărca" cu energie electrică.

Putem spune că, în această privință, broasca țestoasă seamănă cu un om care, simțindu-se flămînd, se duce, bunăoară, la restaurant; dar avem aici o asemănare pur exterioară. Această comportare a omului nu este de loc riguros delimitată, ea este condiționată socialmente și nu constituie nicidecum o latură decisivă a adaptărilor sale ca organism întreg. Așadar, în aprecierea comportamentului unui model trebuie să avem întotdeauna în fața ochilor, în calitate de criteriu, componența fenomenului modelat, și numai în aceste condiții să stabilim ce trăsături ale fenomenului sînt modelate.

După cum vedem, există multe puncte de contact ale cibernetic ii, respectiv ale cibernetic ii tehnice, cu fiziologia și cu biologia. În același timp, trebuie să ținem seama riguros de toate procesele care-și pot găsi o expresie în modele tehnice.

O trăsătură caracteristică a tuturor principiilor particulare ale cibernetic ii constă în tendința lor de a se extinde și de a căpăta oarecum o importanță de sine stătătoare, în afara legăturii cu principiile generale ale cibernetic ii. Or, pentru legătura cibernetic ii cu medicina și, îndeosebi, cu fiziologia, este importantă tocmai latura metodologică a curentului cibernetic, căci

numai pe această bază pot fi dezvăluite principiile generale, inerente materiei pe orice treaptă a dezvoltării ei (mașină, organism, societate). Mai departe, vom trece la examinarea acestor principii generale ale cibernetic ii.

2. Principiile generale ale cibernetic ii și dezvoltarea lor

Conform recunoașterii unanime, meritul cibernetic ii stă în faptul că a stabilit legătura logică intimă dintre domenii ale cunoașterii care s-au dezvoltat mult timp independent unele de altele și erau concepute ca domenii autonome ale științei. Așadar, cibernetica a contribuit la ceea ce obișnuim să denumim „fecundare încrucișată".

Wiener consideră că prima și cea mai importantă premisă a dezvoltării cibernetic ii este dezvoltarea tot mai mare a reprezentărilor asupra fenomenelor fizice ca fenomene care evoluează cu un anumit grad de probabilitate. După expresia lui, „...fizica nu mai pretinde acum să aibă a face cu ceea ce se va produce totdeauna, ci doar cu ce va avea loc cu un grad de probabilitate predominant" [1].

După opinia lui Wiener, revoluția în concepțiile fizicii a fost realizată de fizicianul și matematicianul american Gibbs și de matematicienii francezi Borel și Lebesgue. Faptul că probabilitatea unui fenomen fizic poate fi exprimată prin formule matematice și statistice a dezvăluit mari posibilități de calcul și predicție în funcționarea mecanismelor celor mai complicate.

O consecință directă a acestor reprezentări asupra unui „Univers probabilistic" este problema, extrem de actuală, a „gradului pînă la care răspunsurile referitoare la un șir de lumi vor fi probabile în privința altui șir de lumi mai numeros" [2]. În acest mod de a pune problema, ghicim perspectiva unor viitoare analogii și a căutărilor elementului comun care leagă între ele domenii de fenomene calitativ foarte diferite.

Importanța predicțiilor probabilistice pentru diversele sisteme trebuia să lege în mod inevitabil matematica lui Gibbs și repre-

[1] N. Wiener, *Cibernetica și societatea*, p. 26.
[2] *Ibidem*, p. 27.

zentările cibernetice ale lui Wiener de problema entropiei, adică de problema disipării energiei.

În adevăr, dacă un sistem de corpuri închis dispune de rezerve de energie termică şi dacă avem un gradient mare al nivelului energetic la unele corpuri, atunci corpurile cu rezervă mai mare de energie termică vor trebui inevitabil să o transmită celorlalte corpuri, care au o rezervă de energie mai mică, apropiindu-se astfel treptat de moartea termică.

Din punctul de vedere al celui de-al doilea principiu al termodinamicii, totul se produce aici firesc, necesar şi inteligibil, dar se pune o întrebare naturală : ce se întîmplă cu organismul viu, care nu numai că cedează căldură, ci şi produce continuu căldură în interiorul său, ca rezultat al diverselor reacţii chimice? Este cu totul evident că organismul, pentru a vorbi în limbaj fizic, este un sistem antientropic, adică un sistem care se opune disipării energiei termice. Ciberneticienii văd în aceasta o trăsătură comună organismului şi maşinii. Ambele, în calitatea lor de domenii ale Universului care au o mare rezervă de energie, se opun, ca sisteme organizate, distrugerii entropice. În plus, în ambele sisteme, pe baza mecanismelor interioare, care capătă energie din exterior, are loc o întreţinere a gradientului energetic dintre sistem şi lumea înconjurătoare.

Pe această bază iau naştere analogiile şi perspectivele atît de abundente în cibernetica actuală. În adevăr, dacă două sisteme prezintă tendinţa „spre micşorarea entropiei", este evident că, în subansamblele acestor sisteme, vom putea găsi de asemenea anumite trăsături comune. Astfel, se cizelează treptat punctul de vedere al ciberneticii, care a suscitat în literatura de peste hotare o reacţie destul de violentă şi pe deplin explicabilă a unor cercetători. În linii mari, această tendinţă poate fi enunţată în următoarele cuvinte : *dacă în lume există două sisteme cu principii generale de funcţionare identice, înseamnă că putem descoperi o similitudine analogă şi în subansamblele şi în comunicaţiile parţiale ale acestor sisteme.* Concret, aceasta înseamnă că, dacă am reuşi să construim un model electronic capabil să acumuleze experienţă în baza principiului stabilirii unui reflex condiţionat şi dacă modelul ar putea folosi această experienţă în condiţii de urgenţă şi totdeauna diferite, atunci calculele matematice asupra subansamblelor modelului electronic ar trebui să ne sugereze legile matematice similare care guvernează conexiunile dintre neuronii creierului.

Este în afară de orice îndoială că această teză poate fi chiar ilustrată, într-o anumită măsură, dar nu credem că ea ar putea fi acceptată în prezent ca o lege universală. Tocmai în confruntarea organismului şi a maşinii se manifestă în mod pregnant deosebirea calitativă dintre compoziţia, arhitectura unei funcţiuni întregi şi mijloacele materiale concrete cu ajutorul cărora se realizează această compoziţie de funcţiuni.

În adevăr, să admitem că avem o construcţie gotică din cărămizi. Analitic vorbind, la baza acestei construcţii gotice se află cărămidă, ciment etc. Aşadar, unităţile acestei construcţii — cărămizile — sînt legate prin ciment. Putem concepe şi o construcţie arhitectonică în acelaşi stil gotic, dar din lemn. Atunci, în subansamblele parţiale ale acestei arhitecturi vom avea lianţi calitativ şi principial diferiţi, deşi ansamblul arhitectural poate fi perfect identic. Chiar din acest exemplu, luat din lumea sistemelor materiale nevii, vedem cît este de greşită identificarea de la general la particular. Cît priveşte organismul şi maşinile, această deosebire calitativă şi de principiu este mai amplă şi mai profundă, deşi, cum vom vedea în cele ce urmează, unele principii generale de funcţionare pot fi identice.

Se poate spune că cel mai important principiu care uneşte sistemele funcţionale vii şi pe cele lipsite de viaţă este principiul conexiunilor inverse. Acest principiu general al ciberneticii, adică necesitatea unei informări inverse asupra efectului obţinut, este caracteristică pentru funcţionarea tuturor tipurilor de dispozitive mecanice (inclusiv maşinile cu reglaj automat), precum şi pentru comportamentul organismelor vii. După expresia lui Wiener, „pentru un comportament eficient trebuie primită informaţie prin intermediul unui anumit proces de conexiune inversă, care comunică atingerea scopului" [3].

După cum vom arăta mai departe, necesitatea informaţiei inverse despre efectul obţinut de organism, ca rezultat al unei anumite acţiuni, este condiţia absolut indispensabilă a oricărui progres. Or, ciberneticienii, fizicienii şi matematicienii sînt de părere că legea conexiunii inverse a fost descoperită şi enunţată, în primul rînd, pe baza exemplului maşinilor cu reglaj automat. Fiziologia a cunoscut cu mult înainte aceste efecte şi s-a apropiat de multe ori de enunţarea conexiunilor inverse, denumindu-le însă, în conformitate cu caracterul procesului, „aferentaţie

[3] N. Wiener, *op. cit.*, p. 69.

inversă" sau „aferentație sancționatoare" [4]. Indicații generale referitoare, bunăoară, la necesitatea afluxului de impulsuri senzoriale de la mușchi pentru activitatea motorie au fost exprimate și în trecut (Ch. Bell, I. M. Secenov, Bayer etc.).

Dat fiind că tocmai acest aspect este hotărîtor în compararea mașinilor și a organismelor, el cere o analiză mai amănunțită. Mașinile, organismele și fenomenele sociale se caracterizează printr-un ciclu închis : orice acțiune de comandă și control exercitată asupra unui obiect se încheie printr-un efect care, pe diverse căi, exercită o influență inversă asupra organului de comandă. Toate mașinile cu reglaj automat funcționează pe baza acestei conexiuni. Organismele mențin constanța manifestărilor lor vitale, de asemenea numai pentru că orice abatere de la nivelul constant al unei anumite funcțiuni este imediat semnalată sistemului nervos central, după care, prin intermediul căilor centrifuge, abaterea este corectată. Astfel de fenomene se pot observa și în viața socială. De exemplu, pentru ca directivele organelor centrale să fie îndeplinite cu suficientă precizie, trebuie să existe, între organul de conducere și periferia care capătă ordinul, comunicații bilaterale continue, adică, în funcție de felul cum va fi adusă la îndeplinire dispoziția primită de către organele executive, va sosi la centru cutare sau cutare informație inversă. Și numai în aceste condiții este posibilă ajustarea fină și corectarea ordinului după particularitățile condițiilor locale, unde ordinul trebuie să fie realizat.

Așadar, plecînd de la legile entropiei, probabilității fenomenelor și ale aferentației inverse, cibernetica a reunit domenii de fenomene extrem de variate și în aparență imposibil de legat între ele : mașina, organismul, societatea.

De aceea, se pune în mod natural problema principială : *de ce s-a format lumea sistemelor fizice, biologice și sociale în așa fel încît anumite forme de funcționare generale sînt în egală măsură obligatorii pentru toate?* Ce fundament comun a stat la baza dezvoltării istorice a acestor sisteme diferite și cum a putut acest fundament comun să realizeze un principiu unitar cum este cel al conexiunii inverse pînă la formele cele mai înalte ale dezvoltării materiei, adică pînă la viața socială ?

[4] P. K. Anohin, *Problema centrului și a periferiei în fiziologia actuală a activității nervoase*, în culegerea „Problema țentra i periferii, Sbornik", Gorki, 1935, pp. 52—66.

Este interesant de menționat că această întrebare filozofică, în aparență pe deplin firească, nu a fost pusă nici de Wiener, nici de adepții săi. Ei s-au mărginit doar să constate prezența acestei legi și să aleagă diverse ilustrări. Or, este în afară de orice îndoială că dacă nu descoperim izvoarele istorice ale acestei legi generale, comune, nu vom putea înțelege legile fundamentale ale ciberneticii.

Și aici trebuie să punem, în primul rînd, următoarea întrebare : ce a generat, în procesul evoluției animalelor, aferentările inverse, care aduc tuturor ființelor vii, informația despre gradul de reușită sau de utilitate a unei acțiuni efectuate pentru respectivul organism, în sens biologic larg ? O analiză simplă a oricărui act reflex ne convinge că aferentația inversă trebuia să apară inevitabil și că ea își are cauza în corespondența biologică obligatorie dintre orice reacție a animalului, dintre orice act adaptativ și sarcinile conservării vieții. Un sistem viu există ca întreg cît timp constantele sale de importanță vitală se mențin riguros la un nivel determinat.

Aici trebuie să facem o rezervă mai amănunțită în legătură cu importanța adaptărilor animalului, care îi conservă viața. Cît timp nu apăruse viața pe Pămînt și exista numai lumea anorganică, problema utilității, în mod firesc, nu se putea pune, deoarece nu exista un criteriu biologic al acestei utilități. Dar de îndată ce a luat naștere viața, a apărut și acest criteriu : conservarea vieții. Prin urmare, tot ce conserva viața din punct de vedere biologic larg era util organismului, determina din partea lui o reacție pozitivă și, invers, tot ce distrugea viața, tot ce devenea dăunător, adică un stimul pentru înlăturarea acestor factori, provoca o reacție negativă [5]. Și aici, în studiul naturii și al evoluției, oamenii de știință s-au aflat în fața unui punct critic al dezvoltării, extrem de interesant, pe care ni-l putem imagina în spiritul teoriei probabilității, amintită mai sus. Lumea fenomenelor anorganice este extrem de variată și pentru ca o anumită acțiune a organismului să se termine printr-un efect adaptativ pozitiv, ar fi fost necesar ca această acțiune să evolueze pe baze matematic exacte și cu precizie matematică în raport cu obiectul exterior al acestei acțiuni. Dar, după cum am văzut în analiza exemplului cu pisica și cu vrabia, această precizie este efectiv imposibilă, dată fiind tendința permanentă de disipare a efectului. Din acest punct de vedere, nu putem fi de acord

[5] Vezi I. P. Pavlov, *Experiența a douăzeci de ani...* pp. 589—592.

cu Wiener, care susține că factorii ereditari pot elimina această disipare a efectului reflex și că, bunăoară, o insectă poate proceda într-un mod perfect adecvat pe baza „prescripțiilor" care constituie un rezultat al formației ei ereditare. Nici măcar reacțiile înnăscute, a căror structură este pregătită încă de procesele embriogenezei, nu se pot realiza cu o precizie matematică și, în funcție de extrema varietate a condițiilor exterioare, ele prezintă un anumit grad de „împrăștiere", care modifică și gradul utilității pentru animal a efectului adaptativ final.

De fapt, în perfectă concordanță cu reprezentarea caracterului probabilistic al fenomenului fizic, ne aflăm în fața unui efect și mai probabilistic, de adaptare a organismului viu. Altfel spus, ca răspuns la un anumit agent exterior, organismul animal — în funcție de factorii cei mai diverși, mergînd pînă la particularitățile moleculare — poate da un număr *n* de variante de răspuns. Este cu totul evident că, dacă evoluția nu ar fi elaborat adaptările conform cărora animalul să aleagă din cele *n* variante de răspuns pe cel mai adecvat pentru viața sa în condițiile respective, nu ar fi fost posibil nici un progres evolutiv. Pare curios că actul reflex sau, după cum i se spune, „arcul reflex" continuă să se mențină de peste 300 de ani, tocmai în cadrul ipotezei menționate mai sus. Se consideră *a priori* că actul reflex trebuie să fie întotdeauna încununat de succes și nu trebuie să aibă nici un fel de variante deviate. Este însă suficient să ne închipuim pentru o clipă că actul reflex s-a dovedit într-o anumită măsură insuficient, pentru a înțelege că numai pe această bază nu poate exista un progres al organismelor vii.

Se pare că, din fericire, încă pe treptele cele mai de jos ale dezvoltării organismelor, a apărut capacitatea lor de a recepționa o aferentație inversă asupra gradului de utilitate al efectului adaptativ final. Dacă el este insuficient sau lipsește cu totul, atunci animalul, primind informație despre aceasta, își modifică imediat forma de comportament și reușește, pînă la urmă, să realizeze efectul adaptativ corespunzător.

Așadar, organismelor animale le-a fost necesară aferentația inversă, în formele ei cele mai primitive, pentru ca ele să-și conserve viața. Intreaga evoluție ulterioară a ființelor vii, pînă la apariția omului, a fost supusă acestei legi universale a aferentării inverse a rezultatelor acțiunii.

Ne aflăm aici în fața unui punct critic al evoluției, cînd strămoșul nostru simiesc, după ce și-a creat cele dintîi unelte de muncă primitive, a trecut Rubiconul de la care a început

procesul transformării maimuței în om și al formării primelor structuri sociale. Se pune întrebarea: oare, în aceste noi condiții, și-a schimbat acțiunea legea aferentării inverse a rezultatelor acțiunii? La această întrebare putem da un răspuns precis: nu numai că acțiunea acestei legi nu s-a schimbat, dar importanța ei a crescut considerabil, în conformitate cu noile acțiuni variate ale omului primitiv.

În adevăr, să ne închipuim pentru o clipă că omul primitiv a început să utilizeze cu mult succes uneltele primitive: bîta, toporul de piatră sau ceva asemănător. La fel ca în cazul luptei sale cu animalele sălbatice, dintr-o epocă anterioară, fiecare dintre întîlnirile sale se încheia și acum fie prin victorie, fie prin moarte, iar omul primitiv, care folosea pentru întîia oară o unealtă, nu putea să nu observe, pe baza efectului adaptativ final, care influența toate organele sale de simț, că acest rezultat util se obține cu multă ușurință. Avem aici un uriaș spectru de aferentări inverse, care întăreau utilizarea uneltei primitive și au condus la perfecționarea ei ulterioară. Dar trebuie să ținem seama că fiecărei etape de perfecționare a uneltelor de luptă și de vînătoare i-a corespuns o aferentație inversă proprie, care fixa un efect obținut în mod întîmplător.

Dacă vom considera o etapă mai tîrzie a dezvoltării societății, să zicem timpul cînd omul folosea unelte agricole primitive, atunci legea ciclică, în esență de aceeași natură, care cerea aferentații inverse de la rezultatele acțiunilor (aratul pămîntului, viteza aratului), trebuia să servească drept regulator continuu pentru un efect final tot mai perfecționat și, totodată, pentru perfecționarea uneltei de arat.

În fond, progresul dispozitivelor de mașini a fost orientat și fixat ca rezultat al aprecierii continue pe care oamenii o dădeau efectului util final al acestor dispozitive. Această utilitate își putea găsi expresia într-o calitate mai bună a produsului finit pe care-l dădeau mașinile, în cantitatea acestui produs sau în rapiditatea obținerii lui etc. Dar în toate etapele perfecționării mașinilor, omul s-a aflat invariabil în centrul acestui sistem ciclic și a fost „dispozitivul apreciator", care poate fi reprezentat actualmente, în anumite condiții, printr-un dispozitiv electronic.

Așadar, aferentația inversă însoțește progresul social, dat fiind că nici un pas al omului, nici una dintre acțiunile sale nu poate avea loc fără aferentarea inversă imediată a rezultatelor acestei acțiuni. Specificul perfecționării ulterioare a mașinilor și crearea dispozitivelor automate constă în aceea că, conservîn-

du-se principiul general al funcționării sistemelor ciclice, munca omului este înlocuită prin funcționarea unor aparate electronice. Aceste aparate elctronice evaluează în modul cel mai exact toate laturile efectului util final și, în conformitate cu informația obținută, declanșează acțiuni regulatoare care se îndreaptă iarăși spre obiectul comandat, astfel încît să adapteze efectul final al funcționării mașinii față de un etalon dinainte stabilit.

Trebuie să menționăm însă că deși mașina cu reglaj automat își „apreciază" singură rezultatele, aprecierea finală a acestora, în momentul folosirii produsului ei, este efectuată de către om. Aceasta înseamnă că, deși mașina este prevăzută cu reglaj automat la confecționarea unui anumit produs, activitatea ei ciclică constituie numai o mică parte a unor dispozitive ciclice mai cuprinzătoare.

Nu putem trece cu vederea faptul că înlocuirea muncii omului prin funcționarea unor mașini complicate, care fabrică cele mai diferite produse, marchează o revoluție în viața socială și deschide perspective largi utilizării rodnice a energiei umane eliberate, pentru perfecționarea acesteia. Totodată, nu putem trece cu vederea că aferentația inversă joacă un rol imens în stabilirea principiilor comune ale ciberneticii și ale fiziologiei.

Aferentația inversă este una dintre legile cardinale ale vieții, care determină toate formele de învățare și de adaptări utile ale omului, inclusiv proiectarea și construirea unor mașini complexe cu reglaj automat. Această lege poate fi enunțată astfel: *orice sistem funcțional — mecanic sau viu — creat sau care evoluează pe căile obținerii unui efect adaptativ are neapărat un caracter închis și nu poate exista, dacă nu primește o aferentație inversă asupra gradului de utilitate a efectului obținut.*

Așadar, din punct de vedere fiziologic, influențele aferente neîntrerupte asupra organismului capătă un rol uriaș în evoluția progresivă a organismelor. Paragraful următor va fi consacrat acestor influențe.

3. Funcțiunile aferente ale organismului și cibernetica

Faptul că teoria informației a ajuns să fie capitolul cel mai dezvoltat al curentului ciberneticii nu este întîmplător. Factorul cel mai important în organizarea oricărui sistem organic, integral, indiferent de categoria din care face parte sistemul (mașină, organism, societate), este circulația informației în el. Numai datorită permanentului schimb de informație dintre diversele părți ale sistemului se poate realiza interacțiunea lor organizată, care se încheie printr-un efect util. Aceasta este aplicabil, în egală măsură, atît mașinilor, cît și organismelor. Studiul diverselor tipuri de circulație a impulsurilor nervoase în organism constituie premisa fundamentală a înțelegerii integralității lui. Și aici trebuie să punem pe primul plan importanța pe care o au pentru organism funcțiunile aferente, adică apariția impulsurilor senzoriale în diverșii receptori ai corpului și propagarea lor spre sistemul nervos central. Altfel spus, funcțiunea aferentă este funcțiunea de informare asupra stimulării receptorilor organismului de către agenți exteriori sau interiori, deci și informarea asupra transformărilor energetice din lumea ambiantă.

Se știe cîtă importanță acorda Pavlov sectorului aferent al sistemului nervos. El îl considera central în formarea oricărei activități, în timp ce sectorul eferent al sistemului nervos, adică sectorul prin care se trimit impulsuri spre organele efectoare, era considerat de el ca avînd doar un caracter tehnic, efector, executiv. Această părere a lui Pavlov nu este întîmplătoare, ea a fost formulată de el pe baza multilateralei și îndelungatei sale activități de experimentator în diferitele domenii ale fiziologiei.

În adevăr, cu ajutorul organelor receptoare organismul capătă continuu informație despre cele mai mici modificări din mediul exterior și interior. Putem spune fără exagerare că, la fiecare moment dat, organismul animalului și, îndeosebi, organismul omului recepționează o integrală complicată a tuturor acestor influențe aferente, numeroase și diferite calitativ, care determină, în ultimă instanță, ceea ce denumim „starea organismului" sau, după cum spun igieniștii, „starea de confort". Aceasta înseamnă că toate aferentările, reprezentate de milioane de impulsuri nervoase, formează, la sinteza lor finală în sistemul nervos central, o interacțiune optimă a centrilor decisivi pentru activitatea biologică vegetativă și somatică.

Este însă suficient ca undeva în organism să apară impulsuri aferente venite de la un sector tisular sau organic distrus, pentru ca toată această integrare centrală armonioasă să înceapă îndată „să șchioapete", iar efectul final al comportamentului întregului organism să se schimbe. Prin aceasta se explică faptul interesant pe care Pavlov l-a menționat în repetate rînduri,

anume că de la fiecare organ, de la fiecare țesut, de la fiecare celulă din organism poate veni la sistemul nervos central și chiar pînă la scoarța cerebrală o semnalizare aferentă.

Din cele de mai sus reiese clar cît de vast este sistemul aferent al organismului, deoarece, în principiu, el trebuie să îmbrățișeze informarea organismului asupra tuturor formelor de energie cu care acesta are a face în lumea exterioară (lumină, căldură, acțiuni chimice, influențe mecanice etc.).

Această importanță a funcțiunii aferente își găsește o expresie clară și în indicii anatomici. Astfel, evaluarea comparativă a numărului de fibre nervoase din toate rădăcinile anterioare ale măduvei și din toate rădăcinile posterioare arată că numărul de fibre aferente este de 5—6 ori mai mare decît al celor eferente, ceea ce se exprimă prin raportul 1 : 5,5.

Evoluția a elaborat o serie întreagă de adaptări care permit organismului să perceapă influența exercitată asupra sa de diversele acțiuni exterioare. Adesea, ne uimește subtilitatea corelării, precum și procedeele cu ajutorul cărora s-a elaborat la organism, în procesul evoluției, capacitatea de a percepe diversele influențe exercitate asupra sa.

Astfel, dacă vom considera informarea sistemului nervos central asupra celor mai fine și neînsemnate contacte cu suprafața pielii, vom constata un mecanism complex care asigură această informare. Hoagland a arătat că în partea epitelială a corpusculului Vater-Pacini se produce continuu kaliu, care se află în intervalele interepiteliale cît timp nu s-a exercitat asupra acestor corpusculi o anumită presiune. De îndată însă ce ea are loc, sub forma unui contact fin cu pielea, kaliul iese imediat din intervalele interepiteliale și acționează ca depolarizant asupra terminației nervoase denudate din centrul corpusculului. După cum se știe, kaliul este un depolarizant foarte activ, adică o substanță care contribuie la apariția unei excitații și, de aceea, ca urmare a acțiunii exercitată de el asupra terminațiilor nervoase denudate, se îndreaptă spre sistemul nervos central fluxuri de impulsuri aferente care informează organismul asupra contactului. În funcție de intensitatea presiunii, cantitatea de kaliu ieșit din intervalul interepitelial variază, de unde și deosebirea cantitativă dintre momentele și amplcarea polarizării ; aceasta conduce, în mod firesc, la apariția unui număr diferit de impulsuri nervoase care se propagă spre sistemul nervos central. Așa se realizează informarea asupra intensității contactului cu

diverse porțiuni ale suprafeței corpului [6]. Și mai vast este, bunăoară, sistemul perceperii unei raze luminoase și al transformării ei în energia unui impuls nervos.

În prezent este important pentru noi să înțelegem principiul că lumea exterioară acționează în permanență asupra organismului, în funcție de comportamentul său și de relațiile sale variabile cu tot felul de agenți și de fenomene. Toate acestea ne pun în față importanta sarcină a clasificării influențelor aferente care se îndreaptă spre sistemul nervos central, după ce au apărut în diverse momente ale activității organismului. Aici nu este vorba despre o clasificare după calitatea recepției, ci după locul ei în procesul formării sistemelor funcționale ale organismului, adică după locul ei in arhitectonica ciclică a actelor adaptative ale organismului.

Această clasificare trebuie să ordoneze aprecierile noastre, date diverselor influențe exercitate asupra organismului, oferindu-ne și posibilitatea de a aprecia locul fiecărei aferentații în sistemele ciclice care asigură constanța funcționării. În prezent putem pune în evidență următoarele forme de influențe aferente, care nu sînt sistematizate după calitatea energiei, ci după însemnătatea lor pentru formarea unor acte integrale de comportament ale organismului :

1. Aferentația situațională sau circumstanțială.
2. Aferentația de montaj.
3. Aferentația declanșatoare.
4. Aferentația inversă :
   a) care orientează mișcarea ;
   b) rezultativă, care cuprinde și aferentația sancționatoare pe etape.

În cele ce urmează ne vom ocupa de aprecierea fiziologică a fiecăruia dintre aceste tipuri.

Aferentația situațională sau circumstanțială. Prin aceasta se înțelege în fiziologie ansamblul tuturor agenților exteriori și al influențelor provenite de la ei, care, în condiții date, au o relativă constanță pentru animal sau pentru om și constituie totdeauna o mulțime extrem de complicată de influențe diverse.

[6] Vezi A. Hoagland, *Anbimechanism of Adaption (Pereferal Cansori Iniption) of Mechanoreceptors*, în „Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology", N. Y., 1936, pp. 347—357.

Astfel, cînd ne aflăm într-o sală de concert, recepționăm o serie întreagă de influențe speciale prin organele noastre de simț, atît privind publicul și estrada, cît și din partea unei mari mulțimi de stimuli sonori. O trăsătură caracteristică a aferentației situaționale constă în aceea că, posedînd o relativă constanță și o acțiune de mai lungă durată, ea formează în sistemul nervos central o interacțiune aferentă extrem de ramificată, care pregătește și forma specifică a reacției posibile numai în situația respectivă. Această concordanță dintre aferentația situațională, pregătirea ei și forma de reacție, care este singura posibilă într-o circumstanță dată, constituie aspectul ei caracteristic. Legătura ei organică cu forma de aferentație care urmează, anume cea declanșatoare, constituie una dintre particularitățile influențelor aferente exercitate asupra organismului și care organizează comportamentul său adecvat. Să admitem că un om se simte însetat, în timp ce se află acasă. În majoritatea cazurilor, el își potolește setea prin mijloacele pe care le are la dispoziție. Să admitem acum că același om simte că-i este sete în timp ce asistă la un concert. Stimulul inițial este același, ca natură fiziologică, însă în circumstanța considerată el nu va provoca aceeași acțiune ca cea de acasă. Prin urmare, specificul influențelor aferente în condițiile sălii de concert exclude total posibilitatea potolirii imediate a setei în acest moment.

Să luăm un alt exemplu. Un om a venit la policlinică și medicul îi pune întrebarea obișnuită : ce-l supără ?

În sine, această întrebare, considerată fără legătură cu situația în care a fost pusă, poate determina o serie întreagă de răspunsuri. Astfel, omul nostru poate răspunde că-l supără lipsa de timp, că-l supără vecinii certăreți etc. Însă mobilurile inițiale ale venirii la policlinică (o boală), vederea policliniciі, a medicului și a întregii ambianțe care constituie viața policliniciі în ansamblu creează dinainte o integrare nervoasă, care face ca întrebarea „Ce anume vă supără ?“ să nu poată avea decît un singur sens. De aceea, este firesc că, în cazurile normale, bolnavul venit la policlinică îi va vorbi medicului despre ceea ce-l doare. În condiții psihopatologice însă, sînt posibile și răspunsuri inadecvate, asemenea celor pe care le-am pomenit mai sus.

Relația dintre aferentația circumstanțială și aferentația declanșatoare, care îi urmează, se poate vedea cel mai clar în cazul experimentelor din domeniul reflexului condiționat. Să admitem că, timp de mai mulți ani, s-au efectuat cu un cîine, în aceeași cameră, experimente de reflex condiționat alimentar,

adică, într-o situație determinată, cîinele capătă întotdeauna o întărire necondiționată sub formă de hrană. Atunci, fiecare indiciu care sugerează situația respectivă din camera respectivă va fi legat de activitatea alimentară a animalului. Prin urmare, ansamblul situației — stativul, pereții, iluminarea, ușa etc. — capătă o semnificație alimentară, pe baza principiului reflexului condiționat. Dar, cu toată acțiunea „alimentară“ a ambianței, animalul nu salivează de obicei în intervalele dintre stimulii condiționali ; saliva apare, la majoritatea animalelor, abia în momentul aplicării unui anumit stimul condițional.

Dimpotrivă, dacă animalul va fi pus într-o situație cu totul diferită, de exemplu într-o sală plină de studenți și dacă i se va da același stimul condițional, să zicem o sonerie, care a fost timp de cîțiva ani întărită prin hrană, s-ar putea să nu obținem ca răspuns secreția condiționată. Se știe cîtă supărare i-a pricinuit acest fapt lui Pavlov, atunci cînd el a vrut să prezinte reflexele condiționate în auditoriul Asociației medicilor ruși.

Este cu totul evident că, în cazul de față, observăm interacțiunea aferentației situaționale cu aferentația declanșatoare, și numai în condițiile unei anumite sinteze a lor poate avea loc un reflex condițional adecvat. Specificul acțiunii aferentației situaționale, care constă în pregătirea unei activități corespunzătoare, însă fără manifestarea acestei activități, ne determină să separăm această formă de aferentație, deoarece ea generează o integrare anterioară declanșării unor procese nervoase.

Aferentația declanșatoare. Din cele arătate mai sus rezultă că prin aferentație declanșatoare se înțelege un impuls, adică un stimul care, dezvăluind structura unei excitații existente în sistemul nervos central, conduce la manifestarea exterioară a unei activități a organismului. În esență, un timp destul de îndelungat, teoria reflexului avea în vedere tocmai această formă de aferentare, deoarece rolul imens al aferentațiilor situaționale este întotdeauna, într-o anumită măsură, eclipsat și nu apare atît de evident.

În anumite tipuri de experimente putem despărți rolul aferentării declanșatoare și al celei situaționale, și atunci devine evident că este vorba despre două forme diferite de influențe aferente exercitate asupra organismului.

Un exemplu clasic pentru o astfel de disociere este experimentul cu stereotipul dinamic, efectuat în laboratorul lui I. P. Pavlov. După cum se știe, stimulul condițional nu generează aici răspunsul condiționat specific, ci un răspuns caracteristic

pentru alt stimul, care a fost aplicat în punctul respectiv al stereotipului. Astfel, lumina poate provoca efectul unei sonerii, iar o sonerie un efect propriu luminii. In acest experiment se arată cu toată claritatea că succesul acțiunii de răspuns este un întreg sintetic, constituit din aferentația situațională și din aferentația declanșatoare, precum și că ponderea uneia și a celeilalte poate varia în funcție de condițiile de viață ale organismului.

Experimentele au arătat că această sinteză organică permanentă a celor două tipuri de aferentări se realizează cu o anumită participare a etajelor frontale din scoarța cerebrală. De exemplu, dacă la un animal cu reflexe condiționate bine elaborate în condițiile unei reacții motorii bilaterale vom îndepărta lobii frontali, vom observa un fenomen extrem de interesant. Acest animal se va mișca mereu în direcția troacei din dreapta și a celei din stînga, efectuînd mișcări pendulare în stativ. Așadar, în locul comportamentului calm în intervalele dintre stimulii condiționali, animalul va reacționa continuu, ca și cînd ar fi început să acționeze asupra lui un stimul declanșator [7].

Aceste exemple ne conving ce acțiune importantă exercită situația în care se află un animal sau un om și, după cum vom vedea mai jos, această importanță crește și mai mult cînd se adaugă un nou tip de aferentație, anume cea inversă.

Aferentația inversă. Această formă de influență aferentă asupra organismului prezintă pentru noi un interes deosebit în momentul de față, deoarece schimbă reprezentările noastre asupra mecanismelor comportamentului organizat al animalului. Acest tip de aferentație, analogul „conexiunilor inverse" din cibernetică, se bucură, în mod firesc, de o atenție încordată în fiziologie și în medicină.

Indicații referitoare la existența unui anumit rol al impulsurilor aferente musculare, de exemplu, există de mai mult timp (Bell, Secenov). Dar rolul fiziologic al aferentațiilor inverse în organizarea activității complexe a animalului, îndeosebi în cadrul compensării unor funcțiuni tulburate, a fost constatat și formulat abia în anul 1935 [8]. Inițial, această problemă a fost studiată numai pe plan fiziologic. Timp de mulți ani, această con-

[7] Vezi A. I. Șumilina, *Particularitățile fiziologice ale activității nervoase superioare după extirparea scoarței lobilor frontali*, în „Problemi vișșei nervnoi deiatelnosti. Sbornik trudov Instituta fiziologhii", Academia de științe medicale a U.R.S.S., 1949.

[8] Vezi „Problemi vișșei nervnoi deiatelnosti...", pp. 55, 56.

cepție nu a avut puncte de contact cu domeniul cercetării sistemelor mecanice, cu teoria reglajului automat, și abia în ultimii ani, în urma creșterii impetuoase a teoriei conexiunilor inverse în cibernetică, teoria aferentărilor inverse în organism a început să fie pusă în legătură cu acest nou domeniu al științei. Astfel se explică existența unor reprezentări și delimitări insuficient de distincte cu privire la noțiunile corespunzătoare. Ne referim, în primul rînd, la înțelegerea greșită a rolului aferentărilor proprioceptive, adică musculare, în procesul realizării unui act comportamental. Savanții din străinătate (Cossa, Wiener) supraapreciază destul de frecvent aferentația proprioceptivă; uneori, această inexactitate se întîlnește și în literatura sovietică.

Care este sensul aferentației inverse? In orice proces fiziologic sau în orice act comportamental al unui animal, care este orientat spre obținerea unui efect adaptativ, aferentația inversă informează asupra *rezultatelor* acțiunii efectorii, dîndu-i organismului posibilitatea să aprecieze gradul de reușită al acțiunii executate. Astfel, dacă la un om, pe baza unei serii de procese obiective de interacțiune a organismului cu mediul exterior, s-a actualizat intenția de a bea un pahar de ceai și el întinde mîna spre pahar, excitarea tactilă a palmei de către suprafața paharului, excitația de temperatură, cea haptică și, în sfîrșit, cea vizuală, determinate de contactul mîinii cu paharul, sînt aferentări inverse a căror sumă furnizează informație despre faptul că rezultatul acțiunii concordă cu intenția inițială. Insă la realizarea acestei acțiuni, însăși îndreptarea mîinii spre pahar este permanent reglementată de semnalizarea proprioceptivă, care informează despre distribuția corectă și adecvată a contracțiilor musculare, despre gradul de încordare a brațului, despre înălțimea poziției mîinii în raport cu ținta etc.

Această formă de aferentație este, incontestabil, foarte importantă pentru realizarea mișcării mîinii, dar, prin însăși esența ei, ea nu-i poate furniza sistemului nervos central nici un fel de informație asupra respectivei acțiuni, deoarece nici o poziție a mîinii, și deci nici o aferentare proprioceptivă, nu poate da informație despre faptul dacă paharul sau ceașca au fost luate în mînă. Din nefericire, această circumstanță este prea puțin luată în considerare la aprecierea aferentațiilor inverse din organism, din care cauză constatăm adesea că încercările de a asimila „conexiunile inverse" în organisme și în mașini încep de la

semnalizarea proprioceptivă, iar cîteodată se termină tot cu aceasta [9].

Aşadar, aferentările inverse care apar în cadrul unui act motor trebuie împărţite în două categorii cu totul diferite: a) aferentaţia care orientează, dirijează mişcarea şi b) aferentaţia rezultatului. În timp ce prima aferentare este reprezentată numai prin impulsuri proprioceptive venite de la muşchii care realizează mişcarea, cealaltă aferentare este totdeauna complexă şi îmbrăţişează toate semnalele aferente referitoare la rezultatul mişcării întreprinse. Însăşi noţiunea de aferentaţie inversă o punem în legătură cu această din urmă semnificaţie, care exercită întotdeauna o influenţă organizatoare asupra constituirii acţiunilor ulterioare ale organismului.

În adevăr, actele motorii ulterioare ale organismului vor fi direct dependente de măsura în care aferentarea inversă *asupra rezultatelor* acţiunii concordă cu stimulul iniţial.

Dat fiind că în viaţa organismului, îndeosebi a organismului uman, nu există acţiuni care să nu fie consecinţa unor acţiuni precedente şi care să nu determine acţiuni ulterioare, este firesc ca în însăşi noţiunea de aferentaţie inversă să fie introduse delimitările corespunzătoare în funcţie de aferentaţia inversă cu care avem a face, adică să facem distincţie între informaţia asupra rezultatelor unor acţiuni intermediare şi asupra executării definitive a intenţiei iniţiale.

De exemplu, dacă un om care se află la el acasă a hotărît să facă o anumită cumpărătură, atunci, după apariţia acestei intenţii, se desfăşoară un şir întreg de acţiuni: omul se îmbracă, controlează dacă are bani în buzunar, deschide uşa, coboară scara, traversează strada, deschide uşa magazinului, alege marfa care-i trebuie etc. Aşadar, realizarea intenţiei de a cumpăra ceva cuprinde un şir întreg de etape intermediare, care nu ar putea să se desfăşoare dacă la fiecare dintre aceste etape omul nu ar primi aferentări inverse despre încheierea ei cu succes. Astfel, pe cînd îşi pune paltonul, el recepţionează o sumă perfect determinată de influenţe aferente de la sfîrşitul acestei acţiuni, şi abia după aceea el începe să deschidă uşa. Dacă, după ce şi-a pus paltonul numai pe o singură mînecă, omul ar ieşi în stradă, el ar stîrni uimirea trecătorilor. În adevăr, aceasta ar însemna că sistemul său nervos nu diferenţiază aferentările inverse care încheie fiecare etapă a acţiunilor sale. De aici rezultă că întreaga

[9] Vezi P. Cossa, *Cibernetica*, IL, 1958, p. 48.

categorie a aferentărilor rezultative inverse trebuie s-o împărţim în două forme diferite: aferentarea inversă a etapei şi aferentarea inversă finală sau sancţionatoare, care corespunde realizării scopului principal al unui anumit act de comportament.

Este clar că criteriul acestei clasificări a aferentărilor inverse este intenţia pe care vrea s-o realizeze omul la momentul respectiv şi, de aceea, în mod firesc, în funcţie de amploarea sarcinilor şi de natura fiecărei acţiuni, putem avea un număr mai mare sau mai mic de etape ale îndeplinirii intenţiei, iar în anumite cazuri, aferentarea etapelor poate fi şi o aferentare sancţionatoare sau finală. În adevăr, cumpărarea unui lucru într-un magazin nu este un sfîrşit al întregii activităţi a omului, deoarece ea poate fi doar o etapă în realizarea unui lanţ mai lung de acte, de exemplu plecarea într-un alt oraş. Aici este important să menţionăm că, prin însăşi esenţa ei, aferentarea inversă este o aferentare despre rezultatele acţiunii, şi deci corespunde foarte îndeaproape cu informaţia care vine continuu de la obiectul comandat, prin canalele de conexiune inversă, în maşinile complicate cu reglaj automat.

În cartea sa *Cibernetica şi societatea*, Wiener nu se ocupă amănunţit de esenţa fiziologică a aferentărilor inverse din organism, din care cauză toate analogiile dintre fenomenele care au loc în organism şi în maşină se prezintă extrem de schematic.

Trebuie menţionat că noţiunea de „aferentaţie conducătoare sau călăuzitoare", introdusă de noi în 1940, formează minimul decisiv de influenţe aferente, care se conservă după automatizarea unui anumit act comportamental.

Din toate cele de mai sus rezultă că gradul de veridicitate al tuturor analogiilor dintre maşini şi organisme va fi direct dependent de grija cu care pot fi dezvăluite şi analizate toate particularităţile informaţiei aferente din organism, atunci cînd acesta efectuează cele mai variate acţiuni.

4. Procesele de autoreglare din organism şi cibernetica

Noţiunea de autoreglare a funcţiunilor organismului nu este nouă. Ea a fost stabilită cu mult timp în urmă, în legătură cu menţinerea nivelului constant al tensiunii sanguine, pe baza

interacțiunii a două aparate din organism, al căror efect este orientat în sens contrar : cel presor și cel depresor [10].

Se poate spune că principiul autoreglării funcțiunilor a fost enunțat în modul cel mai clar de Pavlov. Organismul, scrie el, este un sistem „prin excelență dotat cu capacitățile de autoreglare, de autosusținere, de restabilire, de reparare și chiar de perfecționare" [11].

Dacă vom analiza cu atenție principiul autoreglării unei funcțiuni a organismului, vom constata că trăsătura arhitectonică generală a oricărui sistem funcțional de acest fel corespunde perfect contururilor și „schemelor funcționale" „închise", cu care are a face teoria reglajului automat din tehnică.

În adevăr, care este trăsătura cea mai caracteristică a autoreglării unui sistem funcțional din organism, de exemplu menținerea nivelului constant al zahărului în sînge ?

Elementul cel mai caracteristic pentru procesul de autoreglare constă în faptul că însăși abaterea de la nivelul constant al unei anumite funcțiuni este un stimul pentru revenirea la nivelul perturbat. Dacă vom compara această formulare cu definiția unui sistem de mecanisme autoreglate, vom constata că acolo are loc aceeași lege. Dacă starea dinainte stabilită a obiectului comandat din cadrul unei mașini este comparată cu un nivel constant, să zicem al zahărului în sînge, vom constata că și acolo orice acțiune perturbatoare, care deviază nivelul de la valoarea constantă, va deveni izvor al unei informații inverse, care va porni spre mecanismele de reglare ; ea va contribui la reorganizarea semnalelor de comandă și va conduce, în cele din urmă, la reconstituirea stării inițiale a obiectelor comandate.

În fond, toate constantele de importanță vitală ale organismului (zahărul din sînge, presiunea osmotică a sîngelui, conținutul de bioxid de carbon din sînge, temperatura corpului, tensiunea etc.) sînt menținute pe baza principiului descris mai sus. Prin urmare, principiul autoreglării funcțiunilor organismului ne oferă cea mai deplină similitudine de arhitectură funcțională între organism și mașinile cu reglaj automat.

În adevăr, proprietățile constante ale obiectului comandat din cadrul unei mașini se stabilesc de către proiectant la construirea mașinii, ceea ce reprezintă, pentru respectiva mașină,

[10] Vezi I. P. Pavlov, *Polnoe sobranie trudov*, vol. I, Editura Academiei de Științe a U.R.S.S., M-L, 1940, pp. 44—49.
[11] I. P. Pavlov, *Experiența a douăzeci de ani...*, p. 420.

o „bobină-program", cum se exprimă Wiener. În schimb, în organism, aceste proprietăți ale sistemelor vegetative, adică ale „obiectului comandat", sînt determinate de metabolismul format ereditar al unora dintre celulele cerebrale sau al altor celule ale organismului. În conformitate cu aceste particularități ale proprietăților fiziologice, celula reacționează imediat la modificarea oricărui factor al sîngelui, dacă este vorba despre un sistem funcțional reglat prin sînge.

Astfel, în cursul activității musculare, cînd are loc un consum sporit de zahăr din sînge, scăderea bruscă a concentrației sale în sînge constituie un stimul care contribuie la secretarea unei cantități mai mari de adrenalină de către glandele suprarenale. Ajungînd prin intermediul sîngelui la ficat, adrenalina acționează aici ca stimul care determină descompunerea glicogenului în glucoză, iar aceasta este secretată în sînge în cantitate sporită. Datorită acestui „circuit mic al zahărului", nivelul zahărului din sînge este uniformizat. Acest sistem de reglare ciclică, comandat de celulele glandelor suprarenale și ale creierului, îndeosebi ale hipotalamusului și ale hipofizei, este atît de riguros, încît chiar la cea mai mică variație a cantității zahărului din sînge intră în funcțiune imediat o serie întreagă de „mecanisme" care redresează „perturbația" survenită.

Mai putem da un alt exemplu, care arată într-un mod și mai convingător cît de fin s-a adaptat organismul, în procesul evoluției, la menținerea nivelului unora dintre constantele importante pentru activitatea sa. Să luăm presiunea osmotică a sîngelui. Această constantă este deosebit de riguroasă și cea mai mică perturbare a ei pune în funcțiune cele mai înalte mecanisme adaptative ale organismului : scoarța cerebrală, care ajută la realizarea constanței acestei funcțiuni. După cum au arătat cercetările din ultimii ani, în regiunea hipotalamusului există celule nervoase de o construcție specială. Ele sînt prevăzute cu un fel de butoni laterali ce reacționează cu o extremă sensibilitate la orice variație a presiunii osmotice a sîngelui din capilarele vecine. În condițiile unei anumite variații, de exemplu în sensul unei creșteri a presiunii osmotice, suprafața se micșorează. Aceasta are pentru terminația celulei nervoase rolul de stimul care propagă o excitație prin anumite sisteme ale creierului. În urma acestei excitări, starea subiectivă a omului este caracterizată ca una de „sete", și omul simte dorința de a bea.

Cînd presiunea osmotică a sîngelui scade, aceste celule, suferind modificări în sens invers, transmit excitația spre alte sisteme ale creierului, care parțial reglează eliminarea apei din organism (diureza), iar parțial îndeamnă animalul sau omul să caute „ceva sărat".

În aceste mecanisme de autoreglare, care mențin nivelul constant al presiunii osmotice a sîngelui în orice condiții, este deosebit de interesant faptul că impulsul stimulator se realizează cu ajutorul unei cantități de energie foarte mici, în timp ce consecințele lui, cum ar fi potolirea setei, pot cere cheltuieli energetice mari, să zicem atunci cînd apa trebuie scoasă dintr-un puț. Avem aici un prototip al tuturor „servomecanismelor", care, încorporate unui sistem cu reglaj automat, pot, prin simpla stabilire a unui circuit, să pună în funcțiune agregate puternice și chiar uzine întregi.

În ultimii ani, studiul adaptărilor cu autoreglare în cadrul menținerii nivelului constant al unei anumite funcțiuni din organism a luat o deosebită amploare. Dovada o constituie organizarea unei serii întregi de consfătuiri speciale. Putem cita, de exemplu, simpozionul ținut în 1957 în Germania occidentală [12], unde au fost analizate în modul cel mai amănunțit astfel de cazuri de autoreglare, confruntate cu teoria reglajului automat din cibernetică. Ce e drept, germanii evită cuvîntul „cibernetică", și-l înlocuiesc pretutindeni cu noțiunea de „reglare biologică" [13].

În urma comparațiilor prezentate mai sus, apare o întrebare firească: ce poate oferi cibernetica drept rezultat al legăturii ei cu fiziologia sistemelor autoreglate din organism?

Actualmente, lucrurile nu depășesc, deocamdată, comparațiile și căutarea unor sisteme ciclice analoge, dar de pe acum se poate spune că prelucrarea matematică a unor astfel de mașini cu reglaj automat și transferul acestor calcule asupra sistemelor funcționale autoreglate din organism ne ajută, incontestabil, să prevedem existența unor mecanisme fiziologice care, pînă în prezent, nu au fost descoperite nemijlocit în experimentul fiziologic.

Astfel, în cibernetică este cunoscută metoda modelării obiectului comandat în funcție de condiții tranzitorii și de noua situație a reglajului. Prin urmare, obiectul comandat poate să

[12] Vezi „Protessî regulirovaniia v biologhii" Sbornik statei, IL, 1960.
[13] Vezi R. Wagner, *Probleme und Beispiele biologischer Regelung*. Stuttgart, 1954.

nu fie totdeauna constant, el poate să-și schimbe starea și, deci, să modifice componența informației inverse pe care o generează, în funcție de respectivele condiții schimbate. De exemplu, dacă funcționarea unor mașini-unelte și mecanisme a fost proiectată pentru o anumită temperatură, iar în conformitate cu aceasta au fost calculate atît informația de comandă care merge spre obiectul reglat, cît și informația inversă, care se îndreaptă spre dispozitivul de comandă, atunci variația condițiilor de temperatură, să zicem o creștere considerabilă a temperaturii, va atrage după sine, evident, o variație a parametrilor și a regimului sistemului. Dacă vom introduce însă în mașină un dispozitiv suplimentar, care să facă în așa fel încît funcționarea întregii mașini să nu depindă de variația temperaturii obiectului comandat și să mențină numai anumiți parametri ai acestui obiect comandat atunci funcționarea întregului agregat autoreglat și-ar conserva efectul productiv.

Astfel de variații ale funcționării unui sistem autoreglat există și în organism. De exemplu, nivelul constant „dinainte stabilit" al conținutului de bioxid de carbon din sînge este determinat, la omul normal, de sensibilitatea foarte fină și selectivă față de bioxidul de carbon a unor anumite terminații receptoare din patul vascular și din centrul respirator, mai ales din fragmentele aflate în formațiunea reticulară a trunchiului cerebral. Există însă stări patologice speciale ale organismului uman în care sensibilitatea celulelor față de bioxidul de carbon variază considerabil. Astfel, există o stare patologică cronică, denumită emfizem, în care concentrația bioxidului de carbon din sînge crește sistematic și foarte încet. În aceste cazuri, constatăm că celulele centrului respirator, ca și chemoreceptorii vasculari își schimbă în așa fel metabolismul, încît sînt excitați numai în condițiile prezenței unei mari cantități de bioxid de carbon în sînge. De aceea, bolnavul de emfizem se poate simți destul de bine chiar la o concentrație a bioxidului de carbon din sînge care ar provoca moartea unui om normal.

Așadar, efectul final util, în jurul căruia se desfășoară funcționarea mecanismelor de autoreglare și pentru care au loc alternările în intrarea în funcțiune a diverselor mecanisme se realizează atît în mașină, cît și în organism, pe baza aceleiași arhitectonici funcționale, adică pe baza unor sisteme închise și a aferentației inverse. Aceasta constituie punctul de plecare pe baza căruia fiziologia și cibernetica își pot stabili contacte noi și o colaborare creatoare.

5. Cibernetica și teoria reflexului

Conform teoriei reflexului, orice stimul exterior, aplicat aparatelor sensibile ale organismului, trece prin sistemul nervos central și determină la periferie, adică în organele de lucru, cutare sau cutare act de răspuns. În ansamblu, tot acest drum a căpătat denumirea metaforică de „arc reflex".

Uriașa importanță pe care teoria reflexului a avut-o în cursul celor 300 de ani de cînd studiem activitatea organismului viu nu poate fi supraapreciată. Putem spune, fără exagerare, că toate ideile noastre despre mecanismele adaptărilor animalelor la lumea exterioară și despre mecanismele stabilirii interacțiunii coordonate în interiorul organismului se bazează pe aceste reprezentări asupra reflexului. Se poate spune că, în elaborarea concepției materialiste asupra funcțiunilor sistemului nervos al animalelor și al omului, datorăm foarte mult teoriei reflexului. Este suficient să ne familiarizăm cu geniala lucrare a lui Ivan Mihailovici Secenov, *Reflexele creierului*, pentru a înțelege cît de fecund a fost și este acest principiu al fiziologiei. Totodată, dezvoltarea actuală a teoriei reflexului și, îndeosebi, elementele noi introduse în ea de Pavlov ne determină să-i lărgim cadrul și să o transferăm, după cum s-a exprimat I. P. Pavlov, „din forma ei primitivă într-o altă formă constituind un ansamblu ceva mai complex de noțiuni și idei. Se înțelege că în forma ei actuală ea nu poate îmbrățișa întreg materialul acumulat pînă astăzi" [14]. Este important să relevăm că, în dezvoltarea ei ulterioară, teoria reflexului a fost îmbogățită prin principiul aferentării inverse a rezultatelor acțiunii reflexe.

Teoria reflexului a materializat întregul proces al acțiunii de răspuns a organismului la un stimul, însă deficiența esențială a acestei teorii consta în limitarea întregului proces de adaptare exclusiv la acțiune. Prin acțiunea de răspuns se încheiau toate reprezentările din teoria reflexului asupra semnificației adaptative a respectivei acțiuni. Formulările teoriei reflexului cuprind oarecum implicit finalitatea, adecvarea acțiunii de răspuns. Teoria reflexului nu-și punea problema ce anume s-ar întîmpla cu mecanismele nervoase dacă actul reflex nu ar realiza, într-o anumită măsură, efectul adaptativ, altfel spus, teoria reflexului nu ținea seama de posibilitatea aferentației inverse

[14] I. P. Pavlov, *Experiența a douăzeci de ani...*, p. 97.

permanente, care informează continuu sistemul nervos central asupra gradului de reușită al fiecărui act reflex.

Este de la sine înțeles că acesta era un defect foarte important al teoriei reflexului, deoarece uriașul domeniu de fenomene care asigură adaptările animalului și, îndeosebi, reconstituirea funcțiunilor tulburate erau inaccesibile unei analize bazate numai pe teoria clasică a reflexelor. Am mai văzut, în primele trei paragrafe, că aferentarea inversă a rezultatelor acțiunii este tot atît de necesară și tot atît de constantă ca și toate celelalte verigi ale arcului reflex. De aceea, este normal, îndeosebi în legătură cu restructurarea ideilor noastre pe care o va aduce cu sine cibernetica, ca aferentația inversă să devină un membru legitim al ansamblului adaptării reflexe. Putem cita zeci de exemple care să le completeze pe cele analizate în paragraful al treilea. Aceste exemple demonstrează în mod convingător necesitatea aferentării, nu numai a sfîrșitului unei serii întregi de acte, ci și a fiecărei etape de apropiere de efectul final (aferentarea inversă etapă cu etapă). Astfel, scorpionul-de-apă *(Nepa cinerea)* prinde prada cu o extremitate, o aduce spre gură și o mestecă. Acest act automat are loc ori de cîte ori o insectă mică trece în apropierea scorpionului. Dacă vom amputa partea din cap în care se află gura, tabloul comportamentului scorpionului se va schimba. El continuă să apuce prada ca și înainte, apoi extremitatea se mișcă spre gură, însă aici ea se oprește, și insecta poate rămîne în această postură un timp indefinit.

Putem face și un alt experiment: să amputăm capătul extremității cu care scorpionul își prinde prada. Atunci, la recepționarea stimulului din partea unei insecte mici, el va face, ca și înainte, mișcarea de apucare, însă extremitatea se fixează în această poziție, *mișcarea spre gură nu are loc.*

Dacă vom considera ambele exemple din punctul de vedere al acțiunii reflexe în interpretarea ei clasică, vom constata, în fond, prezența unui act reflex încheiat, fără ca să existe acțiune adaptativă în ansamblu.

Este clar că, în primul caz, extremitatea care ține prada se oprește în fața regiunii gurii, pentru că la sistemul nervos central al scorpionului nu a sosit aferentarea de la receptorii gurii, care trebuie să încheie actul de pătrundere a pradei în cavitatea bucală. În al doilea caz, extremitatea rămîne blocată în postura de apucare, pentru că sistemul nervos central nu a primit aferentarea inversă de la capătul extremității, din care să reiasă că prada a fost prinsă. Prin urmare, ambele cazuri

demonstrează, pe baza unor acte suficient de stereotipe, necesitatea aferentației inverse la efectuarea unui lanț întreg de acțiuni reflexe, care se încheie printr-un efect util.

În această ordine de idei, trebuie menționat că pe baza vechii reprezentări asupra „reflexului catenar" nu putem explica sus-amintitele experimente. Ideea de reflex catenar are o deficiență gravă: de obicei, se crede că verigile lui constituie un lanț mecanic, întemeiat pe principiul „sfîrșitul unei acțiuni este începutul alteia". După cum am văzut cu prilejul analizei aferentărilor inverse, în realitate nu există astfel de relații, deoarece fiecare act trebuie să se încheie printr-o aferentare inversă a rezultatelor acestei etape a actului, și abia după venirea la sistemul nervos central a aferentării inverse asupra încheierii izbutite a unei etape anumite, poate să înceapă formarea actului următor [15].

Rezumînd cele de mai sus, trebuie să menționăm că aceste completări, care transformă întrucîtva „arcul reflex" clasic, dezvăluie o legătură mai profundă între fiziologie și cibernetică, deoarece, și aici, și dincolo, „conexiunile inverse" sînt cele care decid în problema eficienței acțiunilor adaptative.

6. Reflexul condiționat și cibernetica

Nu este întîmplător faptul că atît Wiener, cît și mulți dintre discipolii săi, precum și autorii orientați critic față de cibernetică încheie totdeauna analiza perspectivelor dezvoltării ei printr-o caracterizare a relațiilor ciberneticii cu reflexele condiționate și cu comportamentul omului. Am văzut că această legătură organică rezultă din evoluția însăși a sistemelor închise cu conexiune inversă.

Vorbind despre importanța conexiunii inverse pentru comportamentul animalelor, Wiener o denumește „capacitatea ființei vii de a-și stabili comportamentul viitor pe baza experienței trecute". El scrie: „Conexiunea inversă poate fi tot atît de simplă ca și în cazul reflexului obișnuit, dar ea poate fi și o

[15] Vezi P. K. Anohin, *Particularitățile fundamentului aferent al reflexului condiționat și importanța lui pentru psihologie*, în „Voprosî psihologhii", nr. 6, 1955, pp. 16—38.

conexiune inversă de ordin superior, în condițiile căreia experiența trecută se folosește nu numai pentru reglarea unor mișcări speciale, ci și a unei întregi linii de comportament. O astfel de conexiune inversă care determină comportamentul se poate manifesta, și se manifestă frecvent, sub forma a ceea ce ne este cunoscut, sub un aspect, ca reflex condiționat, iar sub altul, ca învățare" [16]. Fizicianul francez Louis de Broglie scrie, discutînd problema ciberneticii: „...Teoria mașinilor de calcul, teoria transmiterii semnalelor... trebuie să ne furnizeze numeroase date despre activitatea normală și patologică a sistemului nervos și, în particular, despre mecanismul reflexelor". „Reflexele condiționate, studiate în mod strălucit de Pavlov, se încadrează și ele în acest capitol general" [17].

Am putea cita o serie întreagă de formulări similare, dar nu despre aceasta este vorba. Pentru noi este important acum să stabilim pe ce elemente anume ale reflexului condiționat își întemeiază cibernetica aceste analogii de vastă perspectivă. Din formulările citate reiese limpede că dobîndirea experienței și folosirea acestei experiențe în comportamentul ulterior constituie aptitudinile comune animalelor și omului, a căror imitare reușită prin modele de mașini ar șterge hotarul de principiu dintre „robot" și om. Dar tocmai aici trebuie să ne amintim de teza discutabilă a ciberneticii, potrivit căreia comunitatea manifestărilor funcționale ale aptitudinilor trebuie să aibă drept corespondent o comunitate a mecanismelor lor particulare. Cercetînd mai îndeaproape această problemă, ne convingem că adepții ciberneticii, atunci cînd se ocupă de reflexul condiționat, au în vedere elementul cardinal și principial nou pe care l-a reprezentat descoperirea reflexului condiționat la începutul secolului nostru. Aceasta nu este însă suficient pentru discutarea mai detaliată a chestiunii. În acest scop, trebuie stabilit mecanismul reflexului condiționat, dacă-l considerăm în lumina tuturor realizărilor celor mai recente ale școlii lui Pavlov, precum și a celor mai noi realizări din domeniul neurofiziologiei.

Numai dezvăluind mecanismele fiziologice profunde ale reflexului condiționat putem stabili ce anume poate împrumuta cibernetica pentru modelarea și construirea diverselor analogii și în ce formă anume. Analiza fiziologică profundă a mecanis-

[16] N. Wiener, *Cybernetics and Society*, Boston, 1954, p. 33.

[17] L. de Broglie, *Privire generală și filozofică asupra ciberneticii*, în „Structure et évolution des techniques", nr. 35—36, 1953—1954, pp. 48, 52.

melor reflexului condiționat ne poate arăta totodată concret în ce mod îi permite sistemul nervos animalului și omului să folosească experiența trecută în comportamentul viitor. Iar după ce vom fi elucidat aceste trăsături specifice ale mecanismelor reflexului condiționat, vom putea, în mod firesc, să punem și problema creării unor adaptări analoge în dispozitivele tehnice cu reglaj automat.

Toate aceste probleme pot fi rezolvate cu succes pe baza schemei dinamice a mecanismelor reflexului condiționat, pe care o putem considera, în prezent, suficient de bine întemeiată (vezi figura de la pag. 266).

Schema este sintetică. Ea cuprinde toate realizările neurofiziologiei contemporane, care ne permit să înțelegem arhitectura reflexului condiționat și, totodată, ea reflectă datele din domeniul fiziologiei activității nervoase superioare obținute de noi în ultimii ani.

Primul punct care necesită o discuție minuțioasă constă în particularitățile relațiilor dintre cele două tipuri de stimuli aferenți, pe care se construiește răspunsul reflex-condiționat. Le putem da respectiv denumirile de a) „aferentație declanșatoare", reprezentată prin acțiunea directă a stimulului condițional și b) „aferentație situațională", sau „circumstanțială", reprezentată de ansamblul excitațiilor provenite de la ambianța experimentului și de la toate excitațiile anterioare experimentului care creează o anumită stare dominantă a animalului.

De pe acum se poate spune că, în toate încercările cibernetic-ienilor de a modela reflexul condiționat sau anumite fragmente ale lui, reunirea aferentărilor situaționale și declanșatoare va fi, neîndoios, „piatra de încercare". În adevăr, după cum am văzut, ansamblul aferentărilor situaționale creează premisa desfășurării unei anumite reacții condiționate. Însă componența aferentărilor situaționale este extrem de complexă și, ceea ce este deosebit de important, este variată și dinamică la infinit. Se poate oare construi o mașină în așa fel încît comportarea ei să depindă de sinteza acțiunilor situaționale și declanșatoare exercitate asupra ei? Oricum ar fi, aceasta este prima, dar nu ultima dificultate pe calea imitării reflexului condiționat. De obicei, pentru analiză și modelare se ia acțiunea izolată a unui anumit stimul declanșator.

Din schema formării pe etape a reflexului condiționat se vede că, drept răspuns la stimulul condițional, toți stimulii din lumea interioară și exterioară trebuie inevitabil să parcurgă

stadiul de sinteză aferentă. Baza fiziologică a desprinderii acestui stadiu constă în faptul că nici o acțiune reflexă nu poate fi formată în aparatele efectoare cît timp nu s-a terminat sinteza tuturor acțiunilor aferente, incidente pe organism la momentul respectiv. Rezultatele sintezei aferente sînt cele care determină ce acțiune trebuie formată la capătul efector, în condițiile unei mulțimi de excitații aferente date. Este important să ținem minte că, fără acest stadiu, nu se poate forma nici un act comportamental al animalului și, îndeosebi, al omului. Dar lucrurile nu se limitează la atît. Lucrările efectuate timp de mulți ani în laboratorul nostru au arătat că, exact în momentul cînd se încheie sinteza tuturor excitațiilor aferente și cînd începe formarea acțiunii reflexe corespunzătoare la capătul efector, se constituie un aparat aferent special, pe care l-am denumit, la timpul său, acceptor al acțiunii (fig. 1, *A.A.*). Proprietățile fiziologice ale acestui aparat au fost descrise de noi în publicații speciale, din care cauză nu vom insista aici asupra lor.

Pentru articolul de față trebuie să menționăm doar două proprietăți extrem de importante ale aparatului aferent, necunoscute, spre regretul nostru, autorilor care încearcă să modeleze reflexul condiționat. În primul rînd, acest aparat se formează anterior reflexului condiționat, în expresia sa efectoare, prin urmare el anticipează cu un anumit timp apariția acțiunii de răspuns. De pe pozițiile fiziologiei, putem spune că momentul încheierii stadiului de sinteză aferentă poate corespunde, sub raport psihologic aplicat la om, cu momentul apariției „intenției de a acționa". Aceasta determină rolul fiziologic ulterior al acceptorului acțiunii, care își asumă, sub formă de aferentație inversă (fig. 1 *Af. inv.*), toate excitațiile aferente apărute în urma rezultatului acțiunii; aparatul acceptorului acțiunii execută compararea rezultatelor sintezei aferente, adică a intenției acțiunii, cu rezultatele acțiunii efectuate.

Coincidența acestor excitații încheie deci întregul proces ciclic, în timp ce „dezacordarea" lor determină un șir întreg de noi reacții, care trebuie să dea, pînă la urmă, un răspuns reflex corespunzînd naturii acceptorului acțiunii. În toate cazurile de comportament voluntar, ca și la apariția unui reflex condiționat ca răspuns la un stimul condițional, acceptorul acțiunii este un factor orientator permanent, care permite să se determine concordanța dintre acțiunea efectuată și intenția inițială.

Așadar, pentru cibernetică, problema „conexiunilor inverse" este centrală, deoarece, datorită acestor conexiuni, se realizează

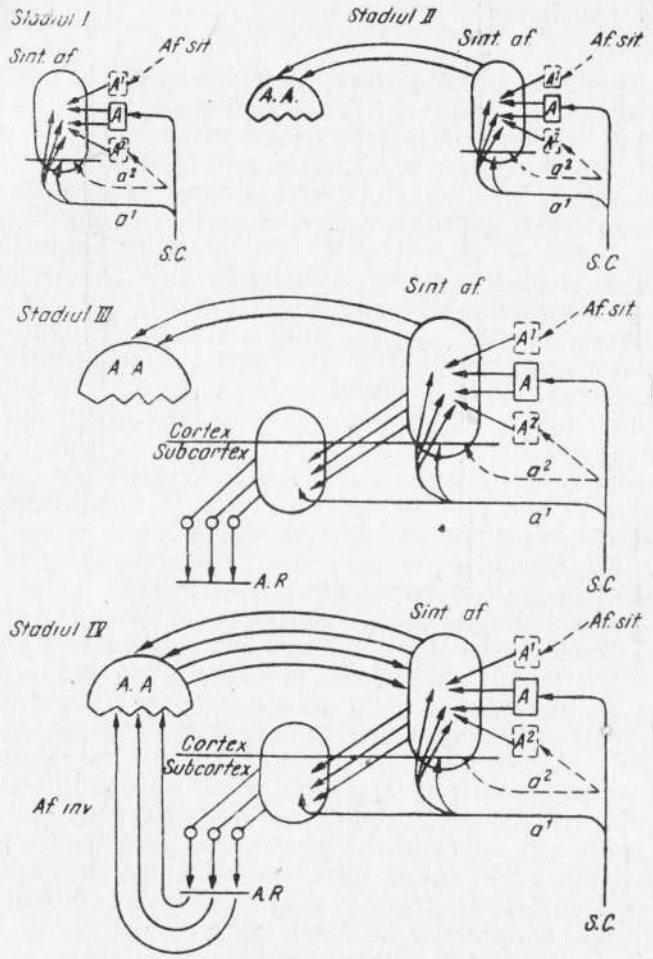

Fig. 1. Reprezentarea stadiilor consecutive ale manifestării unui reflex condiționat fixat ca răspuns la un stimul condițional.

Stadiul I — sinteza tuturor influențelor aferente interioare și exterioare variate, exercitate asupra organismului (*A* — analizorul stimulului declanșator; A^1, A^2 — stimuli situaționali pentru diverși analizori; a^1, a^2 — acțiunea colaterală a stimulilor declanșatori și situaționali asupra formațiunii reticulare din trunchiul cerebral; *S. C.* — stimul condițional).

Stadiul II — formarea acceptorului acțiunii pe baza vestigiilor aferente ale stimulilor precedenți (*A. A.*).

Stadiul III — formarea acțiunii de răspuns (*A. R.*), care se desfășoară totdeauna ulterior acceptorului acțiunii.

Stadiul IV — apariția excitațiilor *aferente inverse* de la toate laturile și caracteristicile rezultatului obținut. În exemplul de față, aferentarea inversă de la rezultatele acțiunii a coincis exact cu natura acceptorului acțiunii, adică rezultatele coincid întocmai cu intenția (sau cu planul) săvîrșirii acțiunii.

ajustarea ulterioară a influențelor corespunzătoare exercitate asupra „obiectului reglat". Dar la modelarea reflexului condiționat după trăsături de asemănare exterioară, nu ne gîndim de obicei că, *înainte de a se realiza acțiunea, se formează totdeauna în creier un aparat pentru aprecierea acestei acțiuni viitoare.* Vedem aici un al doilea obstacol principial în calea modelării reflexului condiționat, deoarece, fără acceptorul acțiunii, orice activitate adaptativă a animalelor și mai ales a omului devine de neconceput. Neurofiziologul francez Fessard arăta, într-un articol consacrat ciberneticii, că ceva asemănător există și în mașinile cu reglaj automat, dar că el nu cunoaște un analog în activitatea sistemului nervos. „Se folosesc lanțuri de «prevedere» — scrie el — în care mecanismul funcțional este prevenit dinainte de sosirea iminentă a unui ordin. Astfel de dispozitive există, foarte probabil, și în funcționarea sistemului nervos. *Neurofiziologii trebuie să încerce să rezolve această problemă dificilă: să demonstreze existența unor astfel de dispozitive în diversele cazuri particulare*" [18].

Am arătat mai sus că acest aparat de „prevedere" a fost de mult descoperit de noi. În prezent, proprietățile sale fundamentale au fost comunicate la simpozionul internațional consacrat „Mecanismelor creierului", care a avut loc la Montevideo în 1959. Trebuie văzut numai în ce măsură el poate fi reprodus prin modele mecanice corespunzătoare. Este foarte îndoielnic ca el să poată fi imitat în modele mecanice, deoarece el se formează totdeauna *ex tempore* și totdeauna pe baza sintezei unor excitații exterioare și interioare multiple și variate exercitate asupra organismului. Dacă ne putem apropia de aceasta, va trebui, în orice caz, să ținem neapărat seama de prezența unui astfel de aparat în sistemul nervos.

Trăgînd concluziile întregului material prezentat aici, putem enunța următoarele teze rezumative:

1. Cibernetica este un curent care tinde să găsească trăsături comune la fenomene de ordin diferit, iar pe baza acestei comunități să dezvăluie mecanismele funcționării diverselor sisteme, în particular ale sistemului nervos, precum și metodele de comandă, de dirijare, de reglare a acestor sisteme. În acest sens, curentul ciberneticii merită să fie dezvoltat sub toate aspectele de specialiști cu cele mai diferite profiluri.

[18] „Structure et évolution des techniques", nr. 35—36, 1953—1954, p. 30 (sublinierea îmi aparține. — *P.A.*).

2. Tezele fundamentale ale ciberneticii nu sînt nici în prezent enunţate distinct, iar cauzele istorice ale existenţei unor trăsături comune la fenomene eterogene rămîn încă nedezvăluite. Or, numai pe această cale ne vom putea reprezenta clar pînă la ce limită trăsăturile generale ale fenomenelor de diverse clase pot fi folosite în modelare. Literatura existentă în această problemă, atît cea din străinătate, cît şi cea sovietică, nu cuprinde încă o soluţie.

3. Teoria aferentaţiei inverse din fiziologie, dezvoltată de noi începînd din 1935, conţine toate trăsăturile „conexiunilor inverse" din cibernetică şi poate servi, de aceea, atît la analiza tuturor formelor de funcţiuni autoreglate, cît şi la extinderea posibilităţilor în construirea unor modele mecanice analogice.

4. Arhitectura de ansamblu a sistemelor închise cu aferentaţie inversă, sau cu conexiune inversă, este aplicabilă la înţelegerea tuturor actelor adaptative ale omului, care se încheie printr-un efect util. În acest sens, al doilea sistem de semnalizare, caracteristic exclusiv pentru om, este în întregime subordonat acestei reguli.

5. Nici un fel de modele ale răspunsurilor reflex-condiţionate nu pot pretinde nici măcar o asemănare îndepărtată cu reflexul condiţionat real, dacă ele nu vor lua în considerare două procese cardinale: a) procesul de sinteză aferentă şi b) formarea acceptorului acţiunii, ca aparat pentru „aprecierea" rezultatelor acţiunii. Crearea aşa-numitelor maşini cu autoînvăţare nu poate furniza argumente împotriva tezei de mai sus. Această „învăţare" prezintă o asemănare cu învăţarea reală, numai în privinţa efectului final. Ea se desfăşoară prin intermediul unor mecanisme cu totul diferite şi nu este comparabilă cu proprietăţile menţionate mai sus ale organismului viu şi ale sistemului său nervos.

Cibernetica şi munca

V. N. TIPUHIN
candidat în ştiinţe filozofice

Este bine cunoscut că cibernetica a apărut ca rezultat al imenselor realizări din industrie, al progresului ei tehnic legat de dezvoltarea ştiinţei, în particular al electronicii, adică pe baza activităţii practice de muncă a omului şi ca rezultat al acesteia.

Dezvoltarea procesului de muncă, marcat prin marile realizări ale tehnicii, exprimate prin crearea unor complicate unelte de muncă, printre care maşinile de comandă electronice ocupă un loc deosebit, este cea care a pus propriu-zis bazele apariţiei ciberneticii. Deoarece acest domeniu al cunoaşterii a apărut nemijlocit pe baza succeselor activităţii de muncă, este evident că, pentru elucidarea esenţei ciberneticii, trebuie să aprofundăm sub raport filozofic sensul procesului de muncă. Considerată în forma ei generală, în calitate de condiţie eternă a vieţii omului, munca este „un proces între om şi natură, proces în care omul mijloceşte, reglementează şi controlează prin acţiunea sa proprie schimbul de materii dintre el şi natură" [1]. Traducînd această definiţie în limbajul filozofiei, obţinem că munca nu este decît relaţia practică dintre subiect şi obiect. Această relaţie a fost analizată de Hegel în *Fenomenologia spiritului*. Înţelegerea filozofică generală a muncii, ca relaţie practică între subiect şi obiect, a fost expusă de K. Marx în *Manuscrisele economico-filozofice din 1844*, unde el a criticat concepţiile lui Hegel. După Marx, valoarea *Fenomenologiei spiritului* stă în faptul că Hegel l-a considerat aici „pe om ca rezultat al propriei sale munci", că autogenerarea omului a fost privită de el ca proces de autoînstrăinare sau de obiectualizare şi, totodată, ca suprimare a autoînstrăinării sau ca dezobiectualizare. După cum spune Marx, prin această autoînstrăinare şi prin suprimarea ei, Hegel reu-

[1] K. Marx, *Capitalul*, vol. I, E.S.P.L.P., Bucureşti, 1957, p. 207.

șește să prindă esența muncii. Totodată, Marx relevă că conținutul profund și valoros este denaturat și mistificat de forma idealistă în care este învăluită această problemă la Hegel. Concentrîndu-și atenția numai asupra laturii pozitive a autoînstrăinării, Hegel nu înțelege — după cum scrie Marx — latura negativă a muncii, adică nu-și dă seama care este specificul muncii în condițiile societății bazate pe exploatare și, ca idealist, reduce noțiunea de muncă la cea de muncă abstract-spirituală.

Abia Marx a dezvoltat sub toate aspectele concepția filozofică asupra naturii universale a muncii ca relație practică între subiect și obiect. Marx a arătat că omul creează lucruri materiale numai pentru că el însuși este o ființă a naturii și deci materialul este inerent determinației sale esențiale, înseși forțele sale vitale nu sînt decît forțe ale naturii. „El (adică omul.— *N.A.)* însuși întîmpină materia naturii ca o forță naturală“ [2]. În procesul muncii, omul schimbă natura, transformă lucrurile care îi sînt exterioare potrivit nevoilor sale, adică în conformitate cu natura sa lăuntrică, cu funcționarea determinată a organismului său, deoarece numai în aceste condiții produsul muncii poate fi întrebuințat de om. După cum spune Marx, în procesul muncii omul obiectivează, materializează forțele sale esențiale. Această obiectivare are loc în conformitate cu natura intimă a obiectului supus schimbării, transformării, în conformitate cu legi obiective. Schimbînd natura, arată Marx, omul își schimbă totodată și propria sa natură, adică în muncă apare și se formează însuși omul ca ființă socială activă care transformă lumea, în muncă se perfecționează simțurile sale și se dezvoltă forțele sale intelectuale. Potrivit definiției lui Marx, în procesul muncii, în lucrul confecționat, individul se obiectivează, iar lucrul se subiectivizează în individ. Această obiectualizare, această materializare a forțelor esențiale ale omului în produsele muncii sale devine posibilă numai în măsura în care omului, ca ființă naturală, îi sînt inerente, în afara legilor specifice, și legi pe care le are în comun cu întreaga lume materială. Unitatea dintre om ca subiect și lumea obiectivă sensibilă reală — unitate dialectic contradictorie — își găsește expresia chiar în esența obiectuală naturală a sensibilității sale. Diferențierea și specificitatea sensibilității omului, specificitatea organelor de simț sînt un rezultat al specificității diferențiate a facultății de reflectare, inerentă lumii obiective; numai pe baza acestei comunități dia-

[2] K. Marx, *op. cit.*, p. 207.

lectice s-a dezvoltat și s-a perfecționat, în procesul complex al evoluției, facultatea funcțională specifică a diverselor organe de simț de a reflecta forme determinate ale mișcării materiei, de a transforma formele de energie determinate calitativ ale stimulărilor exterioare.

„Ochiul — scrie S. I. Vavilov — nu poate fi înțeles dacă nu cunoaștem Soarele. Dimpotrivă, pe baza proprietăților Soarelui putem contura teoretic în linii mari particularitățile ochiului, așa cum trebuie ele să fie, chiar fără să le cunoaștem dinainte“ [3].

Această unitate dintre om și lumea obiectivă este extrem de importantă pentru înțelegerea ciberneticii, deoarece, după opinia noastră, ea servește ca fundament teoretic pentru întreaga problematică a acesteia. Reunirea subiectului cu obiectul în procesul muncii, acțiunea omului asupra obiectului muncii sale se realizează prin intermediul mijlocului de muncă sau al uneltei. Prin unealta de muncă, cu ajutorul ei se înfăptuiește obiectivarea, materializarea imaginii ideale care există ca țel în mintea omului și care se realizează în procesul activității sale conforme cu un scop. În acest sens se realizează în muncă așanumita „transformare a idealului în real“.

„Natura nu construiește mașini, locomotive, căi ferate, telegrafe electrice, selfactoare etc. — scrie K. Marx. Toate acestea sînt produse ale activității omului; materialul naturii transformat în organe ale puterii voinței omului asupra naturii sau în organe pentru executarea acestei voințe în natură. Toate acestea sînt *organe ale creierului omului, create de mîna sa;* forța materializată a cunoașterii“ [4]. Importanța cercetării teoretice a procesului de transformare a idealului în real, a mecanismului acestei transformări a fost relevată de V. I. Lenin.

Dintre toate produsele activității umane, mașinile de comandă electronice corespund în cea mai mare măsură definiției date de Marx, că ele sînt organe ale creierului omului, create de mîna lui; ca unelte ale activității umane, ele sînt un produs al dezvoltării firești a mijloacelor de muncă. De aceea, nu ar fi lipsit de interes să analizăm pe scurt procesul de dezvoltare a mijloacelor de muncă. Primul mijloc de muncă, arată Marx, este chiar

[3] S. I. Vavilov, *Glaz i Solnțe*, M., 1956, p. 127.

[4] „Din manuscrisele inedite ale lui K. Marx“, „Bol'șevik“, nr. 11—12, 1939, p. 63. În această ordine de idei nu este lipsit de interes să menționăm că încă în Vede se spune că, atunci cînd omul moare, văzul său se unește cu Soarele, mirosul cu Pămîntul, gustul cu apa, auzul cu aerul, vorbirea cu focul etc. *(Oupnek'hat,* vol. I, p. 249).

omul, forţele sale naturale, organele corpului omenesc (braţele, picioarele, capul, degetele). Confecţionînd unelte şi folosindu-le ca organe ale activităţii sale îndreptate spre un scop determinat, omul le adaugă la organele corpului său, „prelungind" cu ajutorul lor „dimensiunile naturale ale acestuia". Astfel de prelungiri directe ale organelor naturale sînt uneltele cele mai simple, bătul, piatra, toporul etc. În aceeaşi categorie se situează şi „unelte" ca telescopul, microscopul etc., care apar ca „prelungiri" ale organelor de simţ.

Transformarea uneltei manuale în maşină introduce un element principial nou în relaţia practică dintre subiect şi obiect. Diversele unelte sînt înlocuite printr-un mecanism care operează cu o mulţime de unelte identice sau de aceeaşi natură. Are loc o bifurcare a mijloacelor de muncă, o despărţire a maşinii de lucru sau a uneltei mecanice de maşina-motor. Posibilitatea acestei despărţiri îşi are rădăcinile în faptul că producătorul, acţionînd prin mijlocirea uneltei asupra obiectului muncii, apare şi ca muncitor care îndeplineşte munca în sens propriu-zis şi ca forţă motrice. În maşină, această bifurcare, devenită fapt, se manifestă ca diferenţiere între maşina de lucru şi maşina de forţă.

O dată cu dezvoltarea producţiei maşinizate, maşina de lucru devine un simplu element al acesteia, iar mijloacele de muncă se dezvoltă, devenind un întreg sistem de maşini. Destinaţia uneltei simple de a fi o prelungire a forţelor naturale ale subiectului se conservă şi în maşină, adică în unealta mecanică, cu singura deosebire că unealta simplă era o continuare directă a mîinii omului, pe cînd unealta mecanică este o prelungire specifică şi, totodată, mediată a forţelor naturale ale subiectului. Ca exemplu putem cita manipulatoarele mecanice care se folosesc în mînuirea substanţelor radioactive. Aceste manipulatoare prelungesc întrucîtva mîna omului şi reproduc complicatele ei funcţiuni de muncă. Dar proprietatea specifică cea mai importantă a maşinii, menirea ei cea mai însemnată constă nu atît în a prelungi forţele naturale ale subiectului, cît în a le înlocui în funcţiunile lor determinate; aceasta trebuie considerat drept principala destinaţie a uneltei mecanice. Marx arată că, o dată cu invenţia suportului rotitor *(slide rest)*, a fost creat un dispozitiv mecanic care nu înlocuieşte o unealtă anumită, ci „mîna omenească însăşi, care realizează anumite forme prin aplicarea,

potrivirea şi dirijarea tăişului unor instrumente de tăiat etc. asupra materialului de muncă, de exemplu a fierului" [5].

Aşadar, maşina întruchipează dialectica relaţiei practice dintre subiect şi obiect; înlocuirea mîinii prin maşină reprezintă obiectivarea forţelor naturale ale subiectului; în maşină are loc, oarecum, pătrunderea obiectului în sfera subiectului, maşina ca mijloc de muncă înglobează tot mai mult sfera subiectului, fiind capabilă să se substituie celor mai complexe dintre manifestările sale mecanice.

Procesul înlocuirii forţelor naturale ale subiectului, început prin crearea maşinii ca unealtă mecanică în genere, capătă un caracter calitativ nou, o dată cu apariţia maşinii electronice ca mijloc de muncă deosebit. Procesul începe să pătrundă în domeniul propriu-zis al subiectivului, adică în domeniul proceselor fiziologice ale activităţii nervoase superioare. Pînă acum, toate tipurile de mijloace de muncă mecanice erau înlocuitori specifici ai unor părţi din corpul omului, ca braţul, piciorul, degetele, adică ai unor organe a căror funcţionare ca mijloace de muncă naturale este caracterizată prin mişcări pur mecanice. Desigur, maşina electronică deţine şi ea funcţiunea generală a maşinii, care-şi găseşte expresia în înlocuirea forţelor naturale ale subiectului prin forţe mecanice, fizice etc.; obiectivînd anumite „mecanisme" ale gîndirii umane, ea este capabilă, fără îndoială, să ia locul şi reuşeşte efectiv să ia locul unora dintre manifestările ei.

Procesele de gîndire obiectivate în maşina electronică sînt eliberate de restricţiile naturale proprii gîndirii fiecărui individ în parte, cum sînt cuprinderea acesteia, intensitatea, gradul de adecvare etc.

Automatizarea, care abia se contura în timpul vieţii lui Marx, înregistrează actualmente succese răsunătoare, ea s-a încetăţenit în procesele de comandă şi control asupra mecanismelor, succese deosebite în această direcţie fiind legate de crearea maşinilor de comandă electronice. În maşinile electronice îşi găseşte expresia dezvoltarea continuă a uneltei de muncă în general; ea apare acum ca un complex bogat, constituit dintr-o maşină de lucru, un mecanism de transmisie şi o maşină de forţă, precum şi dintr-o maşină de comandă şi control. O dată cu crearea maşinii electronice, omul dobîndeşte un mijloc care lărgeşte incomensurabil sfera de activitate a gîndirii sale şi îndeosebi,

[5] K. Marx, *op. cit.*, p. 319.

posibilitatea de a îmbrăţişa sintetic diferite ramuri ale cunoaşterii în rezolvarea diverselor probleme. Ca mijloc de muncă, maşina electronică pune bazele procesului de automatizare a unor anumite domenii de muncă intelectuală, prin aceasta ea uşurează munca intelectuală, mărindu-i totodată considerabil productivitatea.

Dezvoltarea mijloacelor de muncă arată că, în procesul muncii, se dezvăluie profund unitatea dialectică dintre subiect şi obiect. Însăşi activitatea orientată spre scop, adică obiectualizarea, materializarea forţelor esenţiale ale omului devine posibilă numai în măsura în care deosebirea dintre subiect şi obiect implică unitatea lor, în măsura în care materiei cu înaltă organizare, întrupată în subiect, îi sînt proprii nu numai legi specifice, ci şi legile generale inerente întregii lumi obiective; totodată, în procesul activităţii orientate spre scop, în conformitate cu dezvoltarea mijloacelor de muncă, se dezvăluie tot mai mult natura unităţii contradictorii dintre subiect şi obiect. În prezent, datorită dezvoltării ciberneticii, s-au înregistrat succese importante în cunoaşterea acestei unităţi contradictorii. În planul relaţiei practice dintre subiect şi obiect pot fi interpretate filozofic afirmaţiile reprezentanţilor ei despre trăsăturile comune dintre tehnologie, de o parte, şi biologie, fiziologie şi psihologie, de cealaltă parte.

Marx a considerat industria ca dezvăluire exoterică, adică unanim accesibilă, a forţelor esenţiale umane, ca o relaţie istorică reală a naturii, deci şi a ştiinţelor naturii cu omul, el a arătat că numai această interpretare permite să înţelegem „esenţa *umană* a naturii, sau esenţa *naturală* a omului“ [6].

„Vedem — scrie Marx — că istoria *industriei* şi existenţa devenită *concretă* a industriei sînt *cartea deschisă a forţelor esenţiale ale omului*, psihologia umană aşa cum se prezintă simţurilor noastre...“ [7]. Aceste teze teoretice, care exprimă esenţa relaţiei practice dintre subiect şi obiect, ne oferă, după concepţia noastră, cheia metodologică pentru înţelegerea obiectului cibernetic. „Esenţa umană a naturii“ şi „esenţa naturală a omului“ se manifestă în activitatea practică orientată spre un scop, în industrie, în existenţa ei obiectuală. Cibernetica, apărută pe baza realizărilor industriei, cercetează această esenţă numai de

[6] K. Marx şi F. Engels, *Scrieri din tinereţe*, Gospolitizdat, M., 1956, p. 595.
[7] *Ibidem*, p. 594.

pe poziţii anumite. Relaţia practică dintre subiect şi obiect este studiată în cibernetică nu în întregul ei conţinut, ci numai pe linia comunităţii funcţionale dintre subiect şi obiect în sfera relaţiei dintre natura universală şi cea particulară (gîndirea) a proprietăţii de reflectare, inerentă întregii materii.

Problema formei şi a funcţiunii ne apare ca una dintre problemele centrale caracterizînd abstract esenţa ciberneticii. Aceeaşi problemă caracterizează şi anumite particularităţi ale procesului de muncă. Perfecţionarea tehnologică a mijloacelor de muncă este expresia concretă a dialecticii formei şi funcţiunii şi reprezintă, în fond, crearea unor mecanisme a căror structură interioară (a căror formă) să fie cît mai adecvată funcţiunilor productive realizate de aceste mecanisme, pe de o parte, şi funcţiunilor determinate ale organismului omului, care utilizează aceste mecanisme în procesul muncii, pe de altă parte. Aici cibernetica, prin intermediul tehnologiei, deci al fizicii şi al chimiei, vine în contact cu biologia, în special cu domenii ale acesteia ca morfologia şi fiziologia, inclusiv fiziologia activităţii nervoase superioare.

Engels arată că, în natura organică, fenomenele morfologice şi cele fiziologice, forma şi funcţiunea se determină reciproc. Modificările funcţionale din organism conduc inevitabil la modificări în structura internă a organismului, la modificări morfologice. O trăsătură specifică a organismului, remarcată încă de Aristotel, constă în aceea că, deşi se transformă, organismul constituie totodată o formaţiune cu autoconservare sau un sistem capabil să se reproducă din substanţele pe care le asimilează din mediul înconjurător.

Această trăsătură, care-şi găseşte expresia în adecvarea structurii şi a comportamentului organismului, se perfecţionează tot mai mult în procesul dezvoltării sale. Pavlov consideră că principiul fundamental al organismului constă în capacitatea sa de echilibrare în interior, cît şi cu condiţiile ambiante. Acest sistem de „echilibrări“, care se complică pînă la cel mai înalt grad, îmbrăţişează organismele cele mai simple şi cele mai complexe, mergînd pînă la om. El conţine, într-o manifestare concretă, atît o determinaţie calitativă, cît şi una cantitativă, din care cauză poate deveni obiect al cercetării matematice.

„Va veni un timp — scrie Pavlov —, chiar dacă mai este mult pînă atunci, cînd analiza matematică, sprijinită pe cea naturalistă, va cuprinde în formule şi ecuaţii măreţe toate aceste

echilibrări, incluzînd în ele și ființa umană"[8]. Pătrunderea matematicii — prin mijlocirea fizicii și a chimiei — în biologie, care fructifică atît dezvoltarea biologiei, cît și îndeosebi a cibernetici, atestă că ideea lui Pavlov se realizează cu succes în zilele noastre.

Tendința reprezentanților ciberneticii de a reproduce în mașinile electronice anumite funcțiuni ale organismului viu se bucură de tot mai multă înțelegere și de un sprijin larg din partea oamenilor de știință care lucrează în domeniul fizicii, al chimiei, al biofizicii și al biochimiei, al biologiei și al altor științe. „Sarcina noastră — scrie acad. N. Semenov — constă în a ne clarifica principiul chimic al unei anumite funcțiuni a proteinei în organism, bunăoară al proprietății ei de a se reproduce din elementele hranei sau al proprietății de a transforma direct energia chimică în energie mecanică. După ce vom fi elucidat acest principiu al funcțiunii proteinelor, nu vom mai avea nevoie să urmăm orbește natura, ci va trebui să încercăm a crea, pe baza acestui principiu, substanțe artificiale de o compoziție cu totul diferită, care să îndeplinească vreo funcțiune oarecare a proteinei mai bine și mai eficient decît este cazul în organism, unde situația se complică prin faptul că substanța vie trebuie să efectueze concomitent un număr foarte mare de funcțiuni"[9].

Realizarea acestei sarcini ar crea posibilități imense pentru dezvoltarea ciberneticii, în special pentru succesul modelării mecanismului activității nervoase superioare. Problema modelării mecanismului activității nervoase superioare poate fi considerată și în planul relației practice dintre subiect și obiect, deoarece, din punct de vedere filozofic, ea este o expresie specifică a problemei obiectivării, obiectualizării forțelor esențiale ale subiectului, de care ne-am ocupat mai sus; specificul ei constă în aceea că aici nu se materializează, nu se realizează doar anumite produse ale activității de gîndire, ci se obiectivează însuși „mecanismul" acestei activități, în unele dintre manifestările sale funcționale. Însă o funcțiune fiziologică, în general, deci și funcțiunea fiziologică a activității nervoase superioare, este strîns legată de formă, adică aici de structura morfologică determinată a țesutului cerebral; de aceea, pentru a reproduce anumite funcțiuni ale „mecanismului" activității nervoase superioare într-o mașină electronică, trebuie să reproducem — prin mijloacele fizicii, ale chimiei, ale electronicii — și structura citologică și morfologică determinată a țesutului cerebral; trebuie ca, „studiind organismele vii, să elaborăm noi principii pentru construirea sistemelor de comandă și control; folosind ultimele realizări ale fizicii, ale chimiei, ale electronicii, să creăm microscheme de automatică cu o înaltă siguranță care să conțină zeci de mii și chiar mai multe elemente pe centimetru cub și să se apropie, într-o oarecare măsură, de structura țesutului nervos al organismelor vii"[10].

[8] I. P. Pavlov, *Experiența a douăzeci de ani...*, p. 110.
[9] N. Semenov, *Să învățăm de la natură*, „Pravda", 30 decembrie 1959.

În legătură cu aceasta, putem înțelege importanța deosebită pe care o capătă, o dată cu dezvoltarea ciberneticii, așa-numita fecundare încrucișată a diverselor științe. Dacă, conform definiției lui Marx, produsele activității de muncă sînt produse ale creierului uman, create de mîna omului (și această definiție se aplică în mai mare măsură mașinilor electronice decît oricăror alte lucruri, și li se aplică aproape în sens literal), rezultă că creierul omului poate fi studiat atît în om, ceea ce face fiziologia activității nervoase superioare, cît și în manifestările sale obiectivate, materializate, în produsele activității de muncă, în procesele tehnologice (bunăoară din mașinile electronice), în care sînt obiectivate anumite manifestări funcționale ale activității de gîndire; cercetarea în această formă se realizează prin tehnologie, electronică etc. De aceea, după cum cercetările fiziologice în domeniul activității nervoase superioare fructifică și stimulează dezvoltarea ciberneticii, tot astfel dezvoltarea ciberneticii nu poate să nu exercite o influență pozitivă asupra dezvoltării fiziologiei.

Activitatea de muncă a omului se deosebește prin faptul că este conștientă și orientată spre un scop anumit, și ea este cu atît mai mult încununată de succes cu cît este mai obiectiv adevărat țelul care determină această activitate. Totodată, în procesul muncii, omul precizează scopul, stabilește căile care conduc la el și folosește selectiv mijloacele cele mai eficiente cu ajutorul cărora poate fi realizat acest scop. Cibernetica se străduiește să reproducă și această particularitate a procesului de muncă, creînd mașini electronice care funcționează după principiul autoacordării și al autoînvățării.

„Cred — scrie Wiener — că strălucita idee a lui Ashby referitoare la mecanismul neteleologic, ales la întîmplare, care-și

[10] V. Trapeznikov, *Automatica zilei de mîine*, „Pravda", 30 decembrie 1959.

atinge scopurile printr-un proces de învățare, este nu numai una dintre marile realizări filozofice ale timpului nostru, ci conduce totodată la concluzii tehnice extrem de utile în rezolvarea problemelor automatizării. Putem să-i imprimăm mașinii o orientare spre un scop, și, totodată, în majoritatea covîrșitoare a cazurilor, o mașină construită pentru a evita un anumit gen de situații în care poate suferi o avarie, va găsi singură scopurile pe care este în stare să le realizeze" [11].

Capacitatea mașinii electronice „de a găsi scopurile", de a alege cele mai avantajoase variante de proiect, iar în perspectivă chiar capacitatea de a proiecta alte mașini, în conformitate cu o temă dată de om, este neîndoios uluitoare și astăzi nimeni aproape nu mai consideră că aceste afirmații ar fi rodul entuziasmului exagerat al partizanilor ciberneticii. Dezvoltarea acestei tinere științe are loc atît de repede, încît realitatea întrece adesea cele mai cutezătoare supoziții.

Astfel, prezintă un anumit interes — nu numai pe plan tehnic, ci și teoretic — știrea apărută în presă, conform căreia cercetătorul american Douglas Ross a elaborat un limbaj special pentru mașinile electronice, constînd deocamdată numai din 107 cuvinte și care ar permite mașinilor „să comunice între ele" [12], să se instruiască una pe alta.

În cazul de față, procesul de obiectivare, de obiectualizare a „mecanismului" activității nervoase superioare, care se realizează în mașina electronică, merge și mai departe, înglobînd și sfera limbajului, a cărui funcțiune universală ca formă de existență și expresie a gîndirii constă în a fi mijloc de comunicare, mijloc al schimbului de idei; prin urmare, și aici se materializează în mașină o funcțiune determinată.

Și oricît de departe ar merge acest proces de progresivă „expansiune a ciberneticii" în sfera specifică a subiectivului, omul nu are motive să se alarmeze în legătură cu soarta prerogativelor sale umane: ele îi vor fi păstrate, iar într-o anumită privință, vor crește chiar considerabil.

Mașina electronică, la fel cu orice mașină, a fost și va fi întotdeauna doar un *mijloc* de muncă. Întregul ei specific constă în a fi un mijloc al muncii intelectuale, nu al celei fizice. Pînă în prezent, omul a dispus doar de mijloacele cele mai primitive ale muncii intelectuale, ca aritmometrul etc. În mașina electronică și îndeosebi într-un sistem de astfel de mașini, munca intelectuală capătă un mijloc care-i lărgește teoretic nemărginit sfera și posibilitățile.

[11] N. Wiener, *Cibernetica și societatea*, p. 50.
[12] „New York Herald Tribune", 4 aprilie 1959, p. 4.

La fel cu orice mijloc, mașina electronică joacă rolul unui fel de „termen mediu" — ca să folosim expresia lui Hegel — între om și obiectul activității sale, inclusiv obiectul gîndirii sale.

Riguros vorbind, nu mașina electronică este cea care rezolvă cutare sau cutare problemă cu ajutorul omului, ci *omul* rezolvă problema *cu ajutorul* mașinii electronice. Oricare ar fi scopurile găsite sau realizate, după cum spune Wiener, de mașina electronică, acestea au un caracter subordonat, iar autonomia mașinii este totdeauna relativă. Subiectul scopului în procesul activității orientate spre un scop, subiectul activității creatoare vii în înțelesul propriu al cuvîntului a fost, este și va fi întotdeauna omul. *Sînt multe forțe de tot felul în lume, dar mai puternic decît toate este omul* (Sofocle). Și această forță colosală a omului, care crește mereu și a cărei acțiune se întinde astăzi atît în sfera Cosmosului, cît și în adîncul proceselor nucleare ale microcosmului, nu este decît forța materializată a cunoașterii, adică forțele lumii obiective, forțele naturii, trezite la viață și utilizate practic, pe care omul le silește să slujească țelurilor sale, ajutîndu-se de mijloacele de muncă pe care le-a creat, inclusiv de tehnica electronică.

Desigur, nu putem să nu recunoaștem că mașina electronică reproduce de pe acum nu numai procesele așa-zis „mecanice" ale activității intelectuale, ci și anumite procese, deocamdată aparținînd unei sfere foarte restrînse, pe care ne-am obișnuit să le considerăm procese ale unei activități intelectuale creatoare. Oricine va fi, credem, de acord că deosebirea dintre activitatea „mecanică" și cea propriu-zis creatoare a gîndirii este dialectic contradictorie și mobilă.

O dată cu progresul ciberneticii, cu complicarea și cu perfecționarea dispozitivelor electronice și cu crearea unui sistem de mașini, acestea vor prelua o sferă tot mai mare a activității intelectuale, a muncii intelectuale. Aceasta va ușura în mod necesar activitatea creatoare, funcțiunile creatoare ale gîndirii umane. Cu fiecare nouă etapă principală a dezvoltării științei, sfera activității propriu-zis creatoare a gîndirii nu numai că se va lărgi cantitativ, ca volum, ci se va și perfecționa calitativ.

Karl Marx a arătat că, în procesul muncii, omul își schimbă și propria sa natură. Bogăția esenței umane, realizată în lucruri, apare subiectiv, după definiția lui Marx, ca bogăție a sensibili-

tăţii umane şi a naturii intelectuale a omului. Din aceste teze rezultă că, perfecţionînd mijloacele de muncă, inclusiv maşinile electronice, ca mijloace specifice ale muncii intelectuale, omul lărgeşte inevitabil sfera gîndirii sale şi îi desăvîrşeşte natura. În această ordine de idei, putem releva rolul şi importanţa logicii matematice, pe care aceasta le capătă în procesul dezvoltării gîndirii.

Prin urmare, dezvoltarea ciberneticii şi a tehnicii electronice marchează, împreună cu dezvoltarea fizicii atomice şi a energeticii atomice, începutul unei mari revoluţii tehnice în sfera producţiei şi deschide noi orizonturi pentru dezvoltarea şi perfecţionarea gîndirii umane.

Rolul analogiilor în cibernetică

A. A. FELDBAUM
doctor în ştiinţe tehnice

Nici o ştiinţă nu poate fi înfăţişată ca ceva încremenit. Aceasta este valabil îndeosebi pentru cibernetică, a cărei dezvoltare are loc actualmente într-un ritm foarte rapid. În urmă cu 100 de ani nu exista de loc o ştiinţă a teoriei reglajului. Fundamentele ei au fost elaborate în lucrările lui I. A. Vîşnegradski, dar chiar după cîţiva ani de la publicarea lor, teoria reglajului se limita numai la problemele reglajului maşinilor cu vapori, iar apoi a turbinelor cu abur.

Teoria reglajului s-a dezvoltat prin generalizări succesive. Iniţial, ea cuprindea unele probleme ale dinamicii maşinilor cu vapori, iar apoi şi ale turbinelor cu abur. Ulterior, în secolul al XX-lea, au apărut mai multe sisteme de reglaj electrice, despre care s-a constatat că sînt guvernate de aceleaşi legi. Problemele apărute în noul domeniu s-au dovedit a fi şi ele de acelaşi tip. Prin urmare, procedeele de cercetare trebuiau să fie şi ele aceleaşi. Treptat, s-a maturizat în conştiinţa inginerilor ideea că teoria dinamicii oricăror sisteme cu reglaj automat — electrice, hidraulice, pneumatice etc. — este o teorie unitară, că aici acţionează aceleaşi legi, că aici este legitimă aplicarea aceloraşi procedee şi metode generale, a aceloraşi abordări în cercetare. De aceea, sîntem îndreptăţiţi să abstragem aici noţiunile fundamentale şi metodele de cercetare de la aplicarea lor concretă. Putem să nu mai vorbim despre curentul de apă sau de abur care trece printr-un cazan, ci despre sistemul la care vin anumite mărimi de intrare, în care există anumite mărimi de ieşire, iar ieşirea şi intrarea sînt legate între ele printr-o anumită dependenţă.

Acest proces de generalizare continuă şi astăzi, şi anume într-un ritm destul de rapid. În prezent, fiecare inginer de automatizare îşi dă foarte bine seama că există legi generale pentru

orice automate; dar aceleași legi există pentru un domeniu de discipline tehnice considerabil mai vast. S-a demonstrat că legi analoge de trecere a semnalelor prin sisteme și de transformare a semnalelor în cadrul acestora joacă un rol central și în teoria telecomunicațiilor, în teoria telecomenzii și a telemăsurătorilor, în teoria dispozitivelor de calcul. Astfel, un mare complex de discipline tehnice a căpătat acum o bază teoretică unitară.

Actualmente, acest proces este departe de a fi încheiat. Dar de pe acum se conturează o disciplină teoretică generală, care reprezintă pentru toate aceste ramuri ale tehnicii aproximativ ceea ce sînt rezistența materialelor și teoria elasticității pentru disciplinele tehnologiei mecanice. În procesul dezvoltării acestei discipline mai generale, au apărut anumite noțiuni generale, cum sînt comanda și controlul, conexiunea inversă, codificarea etc.

Imediat după lucrările lui N. Wiener a devenit limpede pentru mulți că există posibilitatea unor generalizări considerabil mai ample, că aceste generalizări prezintă interes și pentru cercetarea unor aspecte ale activității organismului viu. Aceste laturi de activitate (dar, bineînțeles, nu întreaga activitate a organismului) nu sînt doar analoge, ci chiar pe de-a-ntregul identice cu procesele care au loc în sistemele complexe de telecomunicație și comandă. Unele legi au aceeași formă, aceeași natură și pentru procesele trecerii informației prin sistemul nervos al omului și printr-un sistem de telecomunicații, printr-un sistem de reglaj sau prin dispozitive de calcul.

Trebuie spus că acest gen de analogii și chiar de identități nu constituie o noutate în istoria științei. Dacă vom urmări disciplinele dintr-un alt ciclu, cele cu caracter energetic, vom constata și acolo o analogie, ba chiar și o identitate cu unele laturi ale proceselor care se desfășoară în organismul omului. Astfel, legea transformării energiei este valabilă în egală măsură și pentru organismul viu, și pentru substanța lipsită de viață. Avem aici nu numai o analogie, ci o identitate deplină între laturi determinate ale proceselor referitoare la activitatea organismului viu și a substanței nevii. Există analogii foarte strînse între activitatea sistemului nervos al omului și funcționarea unui sistem automat. În adevăr, dacă vom înlocui pe om printr-o mașină de comandă automată, nu înlocuim brațele sale, mușchii săi, ci creierul său, sistemul său nervos.

Pe acestea le înlocuim printr-un aparat care, între limite bine determinate, într-o formă de activitate anumită, trebuie să înfăptuiască o muncă identică cu cea pe care o fac sistemul nervos și creierul omului în cadrul comenzii și controlului.

Așadar, în sine, această analogie nu trebuie să fie ceva surprinzător pentru inginerii specialiști în automatică; dar faptul că Wiener a relevat natura comună a legilor structurii și a proceselor care se aplică în egală măsură automatelor și organismelor vii — subliniez, tocmai generalizarea principiilor fundamentale — a constituit, fără îndoială, o noutate și nu se poate contesta că este vorba de o noutate utilă. O astfel de disciplină nu numai că trebuie creată, ci se constituie efectiv sub privirile noastre.

Dacă vom lua culegerea de articole redactată de Shannon [1], vom constata că mai multe articole pot fi citite cu tot atîta interes și de ingineri de diverse specialități, și de fiziologi și de matematicieni. Această carte poate fi caracterizată ca o culegere de lucrări din domeniul ciberneticii.

Trebuie să avem în vedere că, în dezvoltarea fiecărei științe, există anumite stadii care nu pot fi sărite. Am menționat mai sus că știința comenzii și controlului s-a dezvoltat prin generalizare succesivă și că această generalizare se referea inițial la diverse sisteme de reglaj automat, pe cînd astăzi ea cuprinde un imens complex de discipline tehnice. Cibernetica tehnică nu s-a constituit încă integral, ea este abia în construcție. Chiar noțiunea de cantitate de informație (după Shannon) care, pentru mulți, în primul rînd pentru Wiener, este centrală în cibernetică, nu poate fi considerată, în forma ei actuală ca fiind fundamentală pentru sistemele de reglaj automat, pentru sistemele cu autoacordare, adică pentru o vastă clasă de sisteme cu conexiune inversă. De aceea, pentru inginerul care lucrează în domeniul telecomunicațiilor și al comenzii și controlului, sarcina principală constă astăzi în desăvîrșirea edificiului ciberneticii tehnice.

Paralel însă, are sens încă de pe acum să acumulăm o rezervă de date mai generale. Trebuie creată o cibernetică generală, fără a aștepta ca sistemul ciberneticii tehnice să fie încheiat; dar trebuie să înțelegem că cibernetica tehnică nu este același lucru cu cibernetica generală. Cibernetica tehnică are unele laturi și procedee de cercetare specifice, care, în etapa actuală a cercetărilor, ar putea să nu prezinte interes, de exemplu, pentru fiziologi. Dar trebuie ținut seama că o serie de procedee de investigație elaborate în prezent de cibernetica tehnică ar putea fi, literalmente

[1] Vezi „Avtomati".

mîine, extrem de interesante pentru fiziologi. Trebuie să construim paralel, pe de o parte, edificiul ciberneticii generale, iar pe de altă parte, cibernetica tehnică, poate chiar și cibernetica fiziologică (fiziologii mă vor corecta, dacă am folosit un termen greșit), adică ramura ciberneticii care ține seama de laturile specifice ale fiziologiei ; dar toate aceste ramuri ale ciberneticii trebuie să aibă un caracter întrucîtva diferit, deoarece sarcina principală a inginerilor este de a sintetiza, de a construi sisteme noi, pe cînd sarcina fiziologilor este, în prezent, mai ales de a analiza sistemele existente și nu de a construi sisteme noi, adică de a analiza organizarea nervoasă existentă, sistemul nervos al omului și al animalelor.

Bineînțeles, sarcinile sintezei și analizei nu sînt de loc despărțite printr-o prăpastie de netrecut, iar căile de acces existente astăzi în cibernetica tehnică pentru problemele sintezei se pot dovedi în viitor interesante și pentru fiziologi. Să luăm problema așa-numitei cutii negre. „Cutia neagră" este un sistem despre care nu știm ce cuprinde în interior, dar asupra căruia putem acționa și de la care putem obține la ieșire o reacție de răspuns. Pe baza datelor de la intrare și de la ieșire, se cere să aflăm legile de funcționare ale acestui sistem și să-i stabilim schema structurală posibilă. Această metodă este acum foarte importantă pentru ingineri. Dacă se dau intrarea și ieșirea și trebuie construit un sistem care să răspundă într-un mod dinainte stabilit la un semnal dat, avem o problemă care coincide cu cea a sintezei unui sistem. Această problemă coincide pe deplin cu aceea de a descifra structura unei „cutii negre". Problema poate fi interesantă și pentru fiziologi. Să admitem că acționăm asupra organismului viu cu un stimul, că obținem la ieșire o reacție, iar pe această bază trebuie să construim o ipoteză despre felul cum ar putea fi constituită structura nervoasă pentru ca să răspundă în acest fel la excitațiile de la intrare. Această problemă de a construi o ipoteză asupra structurii nervoase nu este altceva decît problema descifrării unei „cutii negre". Poate că un aparat pentru sinteza unei structuri ipotetice îi va interesa în viitor pe fiziologi tot atîta cît și pe ingineri. Dintre structurile ipotetice posibile, va fi aleasă cea care va corespunde cel mai bine particularităților reale ale structurii sistemului nervos al organismului.

Așadar, cibernetica există de pe acum și se dezvoltă ; paralel însă trebuie dezvoltate ramurile cu un caracter mai particular : cibernetica fiziologică, cibernetica tehnică etc.

Trecem la problema următoare. Cît de departe poate merge procesul înlocuirii activității intelectuale a omului printr-o mașină ? Există oare o deosebire principială între mașină și om, și cît de departe poate merge analogia dintre ele ? Nu se poate construi o mașină care să îndeplinească funcțiuni mai complicate și mai fine ale activității intelectuale umane decît cele pe care le asigură mașinile de astăzi ?

Problema nu este de loc simplă. În primul rînd, ea nu este nouă. Analizînd un alt ciclu de discipline — cele energetice —, constatăm de asemenea o analogie între om și mașină. O proprietate a unui motor, cum este automișcarea, amintește și ea de anumite proprietăți ale unei ființe vii. Mai mult, o serie de noțiuni energetice s-au referit inițial la funcțiuni ale organismului viu. Noțiuni ca aceea de forță, energie, lucru aveau inițial un caracter antropomorf. Ulterior, în procesul dezvoltării științei, aceste noțiuni s-au rupt de sfera senzațiilor subiective și au fost obiectivate ; aceste noțiuni obiectivate au fost puse la baza fizicii și joacă un rol destul de însemnat și în fiziologie.

În dezvoltarea disciplinelor cibernetice se produce, de asemenea, un proces de obiectivare a noțiunilor fundamentale. Să luăm definiția cantității de informație după Shannon. Este o noțiune riguros obiectivă, independentă de orice trăire subiectivă. Aici nu a mai rămas nimic din nuanța de subiectivitate care însoțește termenul „informație", așa cum este înțeles în viața de toate zilele.

Atît în domeniul energeticii, cît și în cibernetică există o analogie între organismul viu și mecanism. Dar în disciplinele cibernetice, această analogie are un caracter deosebit, ea se referă la probleme mai subtile.

Toate aceste analogii însă și chiar identitatea unei serii de legi și procedee generale de construire a sistemelor nu înseamnă cîtuși de puțin că am avea o identitate între om și mașină. În literatura de popularizare apar uneori expresii ca „mașinile gîndesc..." Desigur, nimeni nu ia în serios afirmația că mașinile ar putea gîndi, dacă înțelegem prin gîndire o însușire a materiei cu un înalt grad de organizare. Cel ce are a face cu mașini de calcul va compara mașina, nu cu o ființă gînditoare, ci mai curînd cu un idiot total, dar foarte conștiincios, care execută cu acuratețe tot ce i se poruncește, tot ce se introduce în el sub formă de program. Faptul că anumite laturi ale organismului uman și anumite metode pentru studiul lor sînt cu totul identice cu anumite laturi ale funcționării și cu anumite metode pentru

studiul sistemelor lipsite de viață nu înseamnă cîtuși de puțin că nu ar fi nici o deosebire între organismele vii și cele nevii. Aceasta înseamnă doar că hotarul dintre viu și neviu trece la o adîncime considerabil mai mare decît se credea în trecut.

Proprietățile organismelor vii de a crește nemărginit, de a se dezvolta, de a pieri, de a transmite descendenței caracterele lor sînt străine mașinilor cibernetice din ziua de astăzi și din viitorul previzibil ; ceea ce ar putea fi în mașini un analog al acestor proprietăți are caracterul unei analogii cu totul superficiale. Activitatea oricărei mașini are un caracter derivat, subordonat : mașina execută numai ceea ce a introdus omul în ea. O mașină cibernetică nu poate, ea ca atare, să fie capabilă de autoperfecționare și creștere nemărginită. Din acest punct de vedere, orice copac — care este un organism viu, dar total lipsit de gîndire — are o organizare incomparabil mai complicată decît orice mașină de calcul din zilele noastre.

Activitatea omului are un caracter primar, pe cînd funcționarea uneltelor create de el are un caracter derivat. De aceea, activitatea oricărei mașini, fie ea chiar cea mai complicată, nu este decît o reflectare a activității omului, decît o activitate de tip derivat și, ca atare, ea nu poate fi comparată, în principiu, cu activitatea rațiunii umane. Însă capacitatea de perfecționare infinită a rațiunii umane generează, ca o proprietate derivată, capacitatea nelimitată de a perfecționa în cursul timpului dispozitivele pe care le face omul, bunăoară mașinile cibernetice. În viitor, ele vor fi în stare să rezolve probleme tot mai complicate, iar forme de activitate intelectuală care par astăzi extrem de subtile vor putea fi mîine încredințate mașinilor. Dacă ne adresăm istoriei științei, vom putea găsi exemple întrucîtva analoge.

Să luăm problema calculului volumelor. În antichitate, ea cerea o imensă cheltuială de minte și talent din partea unor genii ca Arhimede, pe cînd astăzi, orice student mediocru, folosind materialul acumulat sub formă de realizări ale matematicienilor talentați din secolele al XVIII-lea și al XIX-lea, poate rezolva problema fără efort, printr-o simplă integrare. Nu acest student este genial, ci matematicienii care au creat respectivul aparat.

Extrapolînd aceste exemple pentru sistemele automate, putem spune că este probabil și chiar pe deplin posibil să fie create mașini care să construiască diverse ipoteze și să deducă din ele consecințe foarte complicate. De exemplu, se poate construi o mașină în care să introducem o mare mulțime de experimente

de electrodinamică, iar apoi o clasă de ecuații diferențiale, pe care să le poată satisface datele experimentale, iar din această clasă de ecuații, prelucrînd sistematic datele experimentale, mașina să aleagă tipul de ecuații care concordă cel mai bine cu datele experimentului. De exemplu, ea va putea „descoperi", independent de om, ecuațiile lui Maxwell, o sarcină în principiu pe deplin posibilă și accesibilă puterilor mașinii.

Așadar, o anumită parte din munca intelectuală pe care o face astăzi omul de știință va putea fi mîine încredințată unei mașini. Dar mașinile vor putea lua locul omului numai în anumite forme de activitate intelectuală ; mașina nu va putea să-l expulzeze cu totul pe om din sfera muncii intelectuale. Dat fiind că mașina este o unealtă a omului, este în genere lipsit de justificare să opunem omul și mașina. Va fi corect să afirmăm că omul care creează mașinile va fi capabil să rezolve probleme incomparabil mai complicate decît omul care nu dispune de mașini.

Problema noastră mai cuprinde un aspect, peste care se trece de obicei : se vorbește despre influența omului asupra mașinii, dar nu și despre influența inversă. Va avea loc și o influență inversă exercitată asupra omului de acest produs remarcabil al activității umane care este mașina automată. Omul este și el, într-o anumită măsură, un produs al muncii. Munca l-a creat, l-a educat pe om. Și noile mașini complicate ale ciberneticii, pe care le creează omul, îi vor perfecționa structura nervoasă. Bineînțeles, nu putem face în această privință prognoze pentru viitorul îndepărtat. Putem doar să constatăm că posibilitățile perfecționării rațiunii umane, care interacționează cu mașinile create de ea, sînt nelimitate.

Congresul de cibernetică de la Namur (Belgia)
(Scurtă privire)

V. A. ILIN
doctor în ştiinţe tehnice

Date generale

In scopul cunoaşterii reciproce a realizărilor ciberneticii din diversele ţări ale lumii, U.N.E.S.C.O. a convocat un congres internaţional, care s-a ţinut la Namur (Belgia), între 25 şi 29 iunie 1956. La lucrările lui au participat 600 de persoane, reprezentînd 21 de ţări. Din delegaţia U.R.S.S. au făcut parte M. A. Aizerman şi V. A. Ilin (conducătorul delegaţiei), doctori în ştiinţe tehnice, V. V. Karibski şi A. M. Petrovski, candidaţi în ştiinţe tehnice şi L. V. Korolev, aspirant.

La deschiderea festivă a congresului, în dimineaţa zilei de 25 iunie, au ţinut cuvîntări introductive şi de salut ministrul instrucţiunii al Belgiei, guvernatorul provinciei Namur, reprezentantul U.N.E.S.C.O. şi prof. G. Boulanger (Belgia), preşedintele congresului.

Lucrările congresului s-au desfăşurat în următoarele patru secţiuni, care au cuprins toate aspectele ştiinţifice şi tehnice principale ale dezvoltării ciberneticii :

Secţiunea I — Principiile şi metodele ciberneticii. Teoria informaţiei, servosisteme, procesul de învăţare, găsirea ţintei, analiza operaţiilor, teoria jocurilor etc. Preşedintele secţiunii — prof. Z. Auger de la Sorbona, directorul secţiei de ştiinţe exacte şi de ştiinţe ale naturii din cadrul U.N.E.S.C.O.

Secţiunea a II-a — maşini semantice. Maşini de calcul, maşini de tradus (teoria limbajului, programare, maşini speciale), maşini logice cu destinaţie multiplă, maşini „care învaţă", „maşini gînditoare" etc. Preşedinte — dr. L. Couffignal, directorul laboratorului de maşini de calcul din cadrul Institutului „Blaise Pascal" din Paris.

Secţiunea a III-a — automatizare. Maşini automate comandate de un program, maşini reflexe şi autoreglate, care se adaptează la condiţiile ambiante. Aspectele tehnice, economice, so-

ciale ale automatizării, uzine automate etc. Președinte — prof. G. Boulanger, președintele congresului.

Secțiunea a IV-a — cibernetica și viața. Influența ciberneticii asupra biologiei, fiziologiei, medicinei, științelor sociale etc. Președinte — dr. G. Walter, directorul secției de fiziologie a Institutului de neurologie din Bristol (Anglia).

Deoarece, în cadrul unui articol, nu avem posibilitatea să prezentăm toate laturile activității congresului, ne vom mărgini la o caracterizare generală a lucrărilor sale și la cele mai interesante cuvîntări și idei exprimate la congres.

La congres au fost prezentate 96 de comunicări, dintre care 34 din Franța, 28 din Belgia, 10 din Anglia, 5 din S.U.A. și 3 din Uniunea Sovietică. Celelalte țări au prezentat cîte două comunicări și cîte una singură. Activitatea congresului (partea oficială) s-a încheiat printr-o scurtă discuție generală pe secțiuni, la care nu s-au adoptat hotărîri.

Deoarece timpul era limitat, în locul discuției generale, la secțiunea de automatizare, în urma cererii prof. Boulanger, președintele congresului, și cu aprobarea secțiunii, a fost ascultat referatul lui V. V. Karibski despre starea automatizării în U.R.S.S. În afară de aceasta, din partea oamenilor de știință sovietici a luat cuvîntul, în cadrul secțiunii a II-a, L. N. Korolev, care a expus comunicarea *Experiența traducerii din limba engleză în limba rusă la mașina rapidă BESM*, iar în secțiunea a III-a, A. M. Aizerman a ținut o comunicare asupra teoriei reglajului automat. Referatele, comunicările și luările de cuvînt ale delegaților sovietici au fost primite cu interes și aprobare la congres.

În secțiuni au fost ascultate următoarele comunicări.

Secțiunea I. O serie de comunicări au fost consacrate aici stabilirii obiectului ciberneticii, metodelor și contactelor ei cu alte domenii ale științei. Comunicările au avut frecvent un caracter abstract.

S-a subliniat că cibernetica încearcă să lichideze actuala știință tehnică cu caracter „neînsuflețit" asupra mașinilor și să creeze o știință în care vechea teorie a mașinilor să se integreze ca o parte componentă.

Prof. L. Couffignal a făcut o nouă încercare de a da o definiție generală ciberneticii. El a amintit că, după N. Wiener, termenul „cibernetică" înseamnă aplicarea cunoștințelor asupra mașinilor la cercetarea legilor după care funcționează sistemele biologice, psihologice și sociale. Metodele acestei cercetări trebuie să fie, în principal, metodele mecanicii statice și ale teoriei matematice

a comunicațiilor. L. Couffignal a subliniat că o experiență de un deceniu a arătat însă că această interpretare a ciberneticii este prea puțin fecundă. El a atras atenția asupra faptului că între om și mediul exterior există o influență reciprocă: acțiunea mediului asupra omului și acțiunea omului asupra mediului.

Prima acțiune este însoțită de un efect psihologic; ea se propagă de la nervii periferici ai omului spre centrii săi nervoși superiori, sub forma unor impulsuri electrice și generează ceea ce ne-am obișnuit să denumim informație. În aceste condiții, domeniul de aplicabilitate a teoriei lui Shannon este limitat, în principal, la problemele influenței codificării asupra transmiterii informației.

Influența omului asupra mediului exterior are loc după următoarea schemă: definirea țelului acțiunii, stabilirea programului și conducerea îndeplinirii acțiunii. Teoria conducerii îndeplinirii acțiunii se încadrează în cibernetică, adică ea este știința care studiază eficiența acțiunii.

Domeniul ciberneticii cuprinde problemele influenței exercitate de unele organe asupra altora, ale acțiunii unui om asupra altuia. Este vorba despre acțiuni colective, interdependente, ceea ce este valabil și pentru mașinile și elementele lor care înlocuiesc munca omului.

În comunicare era dată următoarea clasificare a metodelor ciberneticii, după natura reacției mediului exterior, în conformitate cu metodele de prevedere: 1. Cibernetica programării rigide. 2. Cibernetica conexiunii inverse (reacții neprevăzute ale mediului în condițiile unor relații determinate). 3. Reacții neprevăzute ale mediului, fără relații determinate (proba; teoria jocurilor).

În comunicarea prof. U. Zelbstein (Franța), ideea fundamentală consta în aceea că, în dezvoltarea lor, mașinile sînt o extrapolare a activității omului. Dintr-un punct de vedere îngust, mașinile sînt o materializare a gîndirii creatoare a omului, care tinde să-și lărgească rezultatele activității dincolo de posibilitățile sale, completînd cu ajutorul rațiunii limitarea acțiunilor. Extrapolarea acțiunilor este urmată de extrapolarea ideilor. În aceste condiții, logica omului, spre deosebire de logica mașinilor, este un produs nu numai al gîndirii raționale, ci și al imaginației.

În prezent, cînd se introduce automatizarea, se acordă o deosebită atenție construirii unor mașini cu funcționare automată. Bineînțeles, omul nu poate niciodată să lipsească total din

procesul de producție. Este vorba numai despre modificarea relativă a rolului pe care îl joacă omul și mașina.

Referentul a arătat că automatica este o știință cu orizonturi largi, care studiază sistemele cu autoreglaj, știința automatelor, care nu intră în detalii tehnice. Ea este una dintre treptele cibernetici, care reunește într-o sinteză mașina și omul. U. Zelbstein a afirmat că, în prezent, are loc o simbioză a mașinii și a omului.

Comunicarea lui P. Braffort (Franța) a fost consacrată stabilirii relațiilor dintre cibernetică și fiziologia generalizată, care, după părerea autorului, cuprinde fiziologia mineralogică, vegetală și animală. Autorul introduce și noțiunea de fiziologie artificială, anume civilizația umană. Au fost analizate analogiile și interdependențele acestor domenii.

In secțiunea I au fost ascultate și comunicări în legătură cu probleme mai particulare. François Peichat (Franța) a justificat necesitatea creării unei mașini care să-l înlocuiască pe medic la diagnostic. El recomandă ca, în acest scop, să fie utilizată o calculatoare numerică cu memorie de volum mare. Pentru a obține răspunsul, trebuie introduse în mașină rezultatele măsurării temperaturii, tensiunii etc. Dacă datele sînt insuficiente pentru diagnostic, mașina poate indica necesitatea completării informației. Această comunicare a stîrnit o discuție furtunoasă în presa din străinătate, avidă de senzații. S-au exprimat îndoieli în privința eficienței și oportunității unor astfel de mașini.

Deși problemele diagnosticului automat sînt încă puțin studiate, mașinile de diagnosticare sînt interesante sub două aspecte: întîi, la crearea acestor mașini vor fi sistematizate cunoștințele din domeniul diagnosticului, pe baza unui sistem logic bine determinat și a experienței acumulate în alte domenii ale științei. Un proces similar are loc actualmente în lingvistică, în legătură cu crearea mașinilor de tradus. Al doilea, dată fiind marea mulțime de boli, un singur om nu este capabil să studieze și să-și însușească cunoștințele acumulate, mai ales în domeniul bolilor rare, cum ar fi cele tropicale. De aceea, mașina de diagnosticare poate fi utilă atît pentru medicul curant, cît și direct pentru bolnav. De exemplu, răspunsul la întrebare ar putea fi dat la telefon.

In comunicarea lui P. Brigaut (Franța) era demonstrată necesitatea creării unor mașini de documentare. Se menționa că, în mai multe domenii ale științei, cum sînt chimia, medicina, astronomia și altele, volumul cunoștințelor științifice este atît de

mare, încît studiul lor de către un singur om și, cu atît mai mult, utilizarea lor efectivă sînt foarte dificile. Autorul demonstra că lipsa unei astfel de mașini limitează în prezent dezvoltarea diverselor domenii ale științei și propunea un proiect de mașină. In „memoria" mașinii de documentare poate fi acumulată informație, iar la transmiterea unui cod determinat, mașina va furniza datele cerute.

Discuțiile vii care au urmat referatelor și comunicărilor din secțiunea I au arătat că nu există încă un punct de vedere unanim asupra obiectului și limitelor ciberneticii.

Secțiunea a II-a. Aici a fost examinată o vastă sferă de probleme, legate de aplicarea mașinilor de calcul în soluționarea problemelor științifice și logice.

A prezentat un interes incontestabil comunicarea lui K. Hammer (S.U.A.), consacrată automatizării programării pentru mașinile UNIVAC-II. Programul „Compilator A-2", construit în acest scop, permite să se încredințeze mașinii partea cea mai laborioasă din munca matematicianului programator și care cere foarte mult timp, partea în care se fac de obicei cele mai multe greșeli.

Edouard Labin (Franța) a vorbit despre o calculatoare ultrarapidă de tip paralel, destinată să soluționeze diverse probleme, între altele probleme la scara reală a timpului. Mașina poate fi utilizată și pentru conducerea unui proces de producție.

In logica operațiilor aritmetice a acestei mașini se îmbină în mod reușit reprezentarea numerelor cu virgulă mobilă și simplitatea operării cu virgula fixată. Mașina efectuează 60 000 de operații de adunare pe secundă. Ea are o singură adresă și o memorie operativă cu timpul de triere de 5 ms pentru 1 024 de celule, executate din miez magnetic (toroizi).

Comunicarea lui C. Jacque (Belgia) a fost consacrată aplicării largi a mașinilor de calcul în contabilitate, în operațiile de asigurări și în statistică.

V. Belevici (Belgia) a făcut o comunicare despre cercetări statistice asupra compoziției fonetice a limbilor, cercetări necesare și interesante pentru mașinile de tradus. L. Chalier (Franța) a descris „Sonograful", un aparat care permite analiza vorbirii din punctul de vedere al foneticii.

In comunicarea lui Coque de Pletincx (Belgia) a fost dat un interesant exemplu de folosire a unei mașini pentru decontările în conformitate cu contractul între societăți de aprovizio-

nare cu energie electrică ale căror întreprinderi sînt încadrate în rețeaua generală.

O serie de comunicări din secțiunea a II-a au fost consacrate utilizării mașinilor de calcul, teoriei schemelor cu contacte și relee și algebrei booleene.

H. Zemanek (Austria) a vorbit despre o mașină care permite să se aleagă, dintr-o mulțime de scheme care îndeplinesc aceeași funcție, schema care prezintă parametri determinați (de exemplu, schema cu numărul minim de contacte).

Secțiunea a III-a. În această secțiune au fost examinate problemele automatizării producției, a cărei introducere ia proporții tot mai largi. În ultimii ani se acordă o considerabilă atenție automatizării producției în serie mare, unde ea asigură avantaje economice mai mari și o creștere considerabilă a productivității muncii.

Mult mai slab sînt studiate metodele automatizării producției în serie mică, care este și ea necesară, paralel cu automatizarea producției în serie mare. Acestor probleme le-a fost consacrată comunicarea lui F. Garcin (Franța). El a propus o bandă rulantă sub formă de flux continuu, din care fac parte diverse mașini-unelte și „roboți" simplificați. „Roboții" sînt o variantă a mîinilor mecanice, bine cunoscute în tehnica atomică. Ele sînt capabile să deplaseze și să rotească o piesă, inclusiv să mute o piesă de pe o mașină-unealtă pe alta și să o prelucreze cu ajutorul unui instrument care le este anexat în mod special. Totodată, mîinile mecanice pot controla funcționarea mașinilor-unelte și a altor mîini mecanice. F. Garcin a propus o clasificare a mîinilor mecanice după natura operațiilor pe care le execută.

Un astfel de sistem de mașini-unelte și mîini mecanice este comandat de o calculatoare la intrarea căreia se introduc date de control automat. Calculatoarea are un program de acțiune bine determinat. Funcționarea sistemului este corectată conform datelor controlului automat (schimbarea instrumentului, modificarea regimului etc.).

Pentru a trece la fabricarea altor produse, trebuie să se modifice programul calculatoarei și să se introducă mai multe schimbări în funcționarea mașinilor-unelte și a roboților (înlocuirea instrumentelor, a aparatelor de măsură și control etc.). După cum afirmă F. Garcin, o astfel de restructurare se poate efectua într-un timp relativ scurt. El a prezentat desene și machete de mîini mecanice, precum și desene ilustrînd procesul de producție.

El a propus să se construiască o machetă a sistemului elaborat de el. Comunicarea lui Cossin (Belgia) s-a ocupat de probleme similare.

Efectul economic maxim de pe urma automatizării se poate obține în cazurile cînd întreprinderile sînt proiectate de la bun început ca întreprinderi automate. De obicei însă, astfel de întreprinderi sînt calculate pentru o producție de masă și, adesea, apar mari dificultăți în desfacerea unei producții de masă de același tip, mai cu seamă în țările capitaliste.

Delegatul englez S. Sargrow a dat un exemplu interesant care ilustrează această teză. El a vorbit despre o uzină creată în 1943 pentru producția în masă a unor aparate de radiorecepție ieftine pentru nevoi militare. Uzina este formată din cîteva linii automate în flux continuu, care confecționează piesele și subansamblele aparatelor. Munca manuală se folosește numai într-o măsură neînsemnată, la montajul final. Toate celelalte operații, inclusiv tratamentul termic, montarea pieselor și trecerea de la o operație la alta se execută automat.

Materialul principal al aparatelor de radiorecepție îl constituie două discuri din placaj bachelitizat. Aceste discuri sînt întîi metalizate, după care, în anumite locuri, stratul metalizat este îndepărtat cu cuțitul de strung sau cu freza. Inductanțele sînt confecționate sub formă de spirale. Pentru obținerea unei anumite capacități electrice, distanța dintre cele două discuri metalizate, situate de cele două părți ale placajului, se micșorează cu ajutorul unei prese. În aceste condiții, capacitatea dintre discuri crește. Capacitatea este măsurată automat de o punte, și atunci cînd ea atinge valoarea proiectată, presa se oprește.

Uzina a fost dată în exploatare, dar înainte ca ea să-și atingă potențialul proiectat, războiul s-a terminat, cererea pentru producția ei a scăzut și aceasta a trebuit convertită. În prezent, uzina nu are suficiente piețe de desfacere și nu funcționează.

Delegația engleză a prezentat cîteva filme consacrate automatizării diverselor ramuri de producție. Menționăm un film în care se arăta procesul automatizat al coacerii franzelelor. Dat fiind că densitatea aluatului și greutatea franzelelor nu sînt constante și se supun unor legi probabilistice, a fost folosită o mașină de calcul pentru a determina caracteristicile statistice ale procesului. Cînd parametrii se abat de la valoarea stabilită, regimul mașinii se modifică automat. Calculatoarele electronice și-au găsit aici o aplicare avantajoasă sub raport economic.

Au fost prezentate filme în care se arată controlul automat al producției cu bucata, producția automată a ustensilelor de papetărie și de birou, confecționarea unor andrele din masă plastică, producția automată a unor tricotaje din nailon și a tabletelor de aspirină în industria farmaceutică. În încheiere, delegatul englez a anunțat că în Anglia s-au creat mai multe fabrici automate noi, însă firmele nu au permis să se vorbească despre ele în fața congresului, de teama concurenței.

Automatizarea este completată în mod substanțial prin telemecanizarea obiectelor de comandă. Delegatul francez, Ch. Laurent, a vorbit despre automatizarea comenzii acelor de cale ferată și a trenurilor dintr-un punct central. Parcursul experimental al unei locomotive telemecanizate s-a efectuat cu succes. Locomotiva a străbătut 40 km și s-a oprit exact în punctul prevăzut.

Cîteva comunicări au fost consacrate automatizării instrumentelor și dispozitivelor astronomice.

Mai mulți referenți au relevat că automatizarea producției capătă o tot mai largă răspîndire. În multe cazuri, ea dă un important efect economic, deoarece accelerează și mărește producția, eliberînd totodată forță de muncă și asigurînd o calitate standard. De aceea, numeroase firme din Occident au mărit considerabil în ultimii ani investițiile pentru automatizări. Totuși, dacă este vorba despre efectul economic, trebuie să avem în vedere că acest efect prezintă anumite limite. Automatizarea întreprinderilor în funcțiune întîmpină mari dificultăți, deoarece procesele tehnologice vechi, obișnuite, se pretează adesea greu la automatizare, iar trecerea la metode de producție nouă presupune o modificare a tehnologiei.

În același timp, au fost relevate complexele probleme sociale care apar o dată cu automatizarea producției în țările capitaliste, deoarece aici muncitorii se tem de automatizare, iar statul trebuie să se preocupe de locuri de muncă pentru oamenii deveniți disponibili în urma automatizării.

R. Moreau, din partea Federației Generale a Muncii din Belgia, a atras atenția asupra faptului că, în multe cazuri, muncitorii au o atitudine bănuitoare și chiar ostilă față de introducerea automatizării. El a vorbit despre măsurile luate de Federația Generală a Muncii pentru rezolvarea contradicțiilor apărute. Referentul este de părere că, dacă în perioada primei revoluții industriale, muncitorii nu erau organizați, iar mulți dintre ei au

ajuns șomeri, astăzi ei constituie o forță economică și socială care nu poate fi ignorată.

Spre deosebire de alții, prof. D. Day (S.U.A.) a susținut că presa a exagerat mult problema socială legată de automatizare. Astfel, el a afirmat că, în condițiile dezvoltării impetuoase a științei și a tehnicii din zilele noastre, vor apărea mereu domenii noi ale tehnicii, pentru dezvoltarea cărora va fi nevoie de munca creatoare a numeroși specialiști muncitori. După opinia sa, mașinile sînt incapabile, în principiu, să îndeplinească o muncă creatoare, iar automatizarea producției în noile ramuri tehnice, care se dezvoltă rapid, este, de regulă, puțin eficientă, deoarece în timpul creării și însușirii producției automatizate, produsele ei se perimează. Muncitorii nu trebuie să se teamă de automatizare, ei trebuie să o salute, deoarece în uzinele automatizate munca va fi mai calificată.

După părerea lui Day, conducătorii producției nu trebuie să uite omenia atunci cînd introduc automatizarea și să efectueze schimbările treptat, nu brusc și fără pregătire. Automatizarea trebuie să dea o producție mai ieftină și de mai bună calitate decît standardele adoptate actualmente.

Day este de părere că în fiecare zi apar produse noi și că fabricarea lor nu poate fi automatizată deodată. De aceea, va fi nevoie de un procent foarte mare de muncă umană, devenită disponibilă în urma automatizării parțiale a altor întreprinderi, a cărei realizare este de așteptat în deceniile imediat următoare.

Secțiunea a IV-a. Comunicările și referatele de aici au fost consacrate problemelor comenzii în organismele vii și analogiilor dintre animale și mașini. Mai multe comunicări s-au ocupat de analiza genelor și a virusurilor din punctul de vedere al ciberneticii etc.

R. Goldacre (Anglia) a făcut o comunicare interesantă despre cercetările asupra comportamentului celui mai simplu organism unicelular, amiba.

Filmarea încetinită a arătat că amiba prezintă o anumită „polaritate" și că partea ei posterioară (coada) se contractă mereu. Interacțiunea amibei cu mediul exterior se realizează printr-o mică parte a suprafeței celulei. Restul suprafeței este acoperit de o membrană impermeabilă. Atunci cînd interacțiunea se intensifică, partea descoperită se micșorează, ceea ce, după opinia referentului, este un mecanism tipic de conexiune inversă negativă. Pentru a demonstra aceasta, autorul a modificat pre-

siunea mecanică din exterior și a tulburat funcționarea normală, obținînd, ca rezultat, mișcări de rotație și de vibrație noi și necunoscute ale amibei. A fost proiectat un film care prezintă mișcările normale și cele artificiale. R. Goldacre a cercetat și cauzele diviziunii amibei și a dat o descriere matematică a acestui proces.

Comunicarea lui H. Zemanek (Austria), „Broasca țestoasă de la Viena și alte lucrări din domeniul ciberneticii", a fost însoțită de prezentarea unei broaște țestoase artificiale în care s-au introdus mai multe perfecționări în comparație cu celebrele broaște țestoase ale lui G. Walter, care imită căutarea hranei și elaborarea reflexului condiționat. Broasca țestoasă a lui Zemanek se poate deplasa în linie dreaptă, se rotește, reacționează la lumină și la sunet. Ea caută izvorul luminos și se îndreaptă spre el. Întîlnind un obstacol, broasca țestoasă se retrage, cotește spre dreapta cu aproximativ 30° și își continuă mișcarea. Manevra se repetă în fața unui nou obstacol.

Dacă apariția obstacolului este însoțită de un semnal sonor (fluier), atunci, aproximativ după 20 de repetări, broasca țestoasă începe să reacționeze la semnalul sonor la fel ca la obstacol. „Reflexul condiționat" se stinge dacă nu este întărit timp de 5 minute. În broasca țestoasă a lui Zemanek a fost introdusă o „inhibiție" la formarea reflexului condiționat, în cazul cînd intensitatea influenței exterioare depășește o valoare dinainte fixată. Broasca țestoasă se oprește, „se imobilizează" în cazul unui semnal sonor intens.

Zemanek a comunicat și experimentele sale de compoziție muzicală artificială și a reprodus anumite fragmente înregistrate pe bandă de magnetofon. Dispozitivul construit de el este format din doi generatori de impulsuri cu frecvențe cvasiperiodice apropiate și cu un sistem de filtre. La o acordare determinată, muzica artificială seamănă cu melodiile executate la cornul tirolez. Alte fragmente seamănă cu melodiile de jaz actuale, cu acordarea instrumentelor unei orchestre înainte de concert etc.

Răspunzînd la întrebări, Zemanek a arătat că muzica artificială i-a interesat pe compozitorii dintr-o țară cu atît de puternice tradiții muzicale ca Austria. Deși nu se poate vorbi serios despre posibilitatea înlocuirii creației compozitorilor prin compoziții artificiale, se pare totuși că, într-o serie de cazuri, muzica artificială poate prezenta un anumit interes.

În comunicarea lui M. Whitley (Anglia) *Probabilitatea condiționată ca principiu al învățării* s-a analizat procesul instruirii unui organism din punctul de vedere al ciberneticii. Au fost prezentate aparate care ilustrează elaborarea reflexului condiționat la îmbinarea a două influențe exterioare, ținînd seama și de ordinea aplicării stimulilor.

J. Meredith (Anglia) s-a ocupat de procesul reglării conținutului de sodiu în apă (echilibru) în rinichii animalelor, cu ajutorul unor hormoni speciali.

G. Olliver (Franța) a prezentat o comunicare interesantă intitulată *Despre influența cîmpurilor electrice și a elementului aleatoriu asupra comportamentului.* El a citat cîteva exemple de dirijare a unui organism animal după un program elaborat de om și transmis ereditar. G. Olliver a afirmat că, în esență, comportamentul unei ființe vii de tipul insectei este „programat". Pe măsură ce acest program înnăscut se realizează în timp, fiecare nouă etapă a programului se poate desfășura în conformitate cu adaptarea la mediu. De îndată însă ce etapa a fost parcursă, organismul nu mai este „conștient" de ea, și dacă o acțiune efectuată în această etapă a fost modificată sub influența unor cauze exterioare, acțiunea nu va mai fi niciodată efectuată din nou. Animalul va continua să realizeze programul stabilit, deși înfăptuirea programului devine inutilă. G. Olliver este de părere că „raționalitatea" se definește ca modificare a comportamentului în concordanță cu experiența și se manifestă tot mai net pe măsura dezvoltării speciilor.

Studiind comportamentul insectelor, G. Olliver a ajuns la concluzia că, în comportamentul animalelor, elementul aleator joacă un rol considerabil mai important decît se credea în trecut. Astfel, un coleopter reușește cu multă greutate să se pună pe picioare dacă a fost răsturnat pe spate. Cîtva timp, insecta răsturnată efectuează mișcări perfect coordonate, mișcîndu-și extremitățile ca și cum ar merge pe pămînt și străduindu-se să-și ridice elitrele pentru a elibera aripile. Mișcările coordonate nu au efect asupra poziției insectei. Atunci ea începe să se agite. Mișcările devin dezordonate și, cu acest prilej, se constituie combinații neprevăzute. În cele din urmă, una dintre ele este încununată de succes și insecta ajunge să se pună pe picioare. Repetînd experimentul, ne putem convinge că insecta este incapabilă „să învețe". Comparînd comportamentul insectei cu func-

ţionarea maşinilor, G. Olliver a propus ca, în anumite cazuri, să se introducă în maşini un procedeu analog de soluţionare a unor situaţii neprevăzute.

Comunicarea examinează şi influenţa cîmpurilor electrice şi magnetice asupra comportamentului animalelor. Este descrisă o metodă nouă şi interesantă de indicare şi măsurare a cîmpurilor slabe. Autorul propune să se aşeze un praf radioactiv fin într-un lichid avînd aproximativ aceeaşi densitate. Dacă alegem un praf feromagnetic, atunci dispoziţia particulelor va reproduce tabloul cîmpului magnetic. Indicarea cîmpului se realizează prin receptori de radiaţii radioactive.

* * *

Făcînd bilanţul lucrărilor congresului, trebuie să menţionăm, în primul rînd, ideile şi rezultatele noi şi interesante expuse în mai multe comunicări şi referate, care justifică convocarea congresului.

In străinătate, în ţările cu o înaltă dezvoltare a tehnicii, maşinile de calcul, maşinile logice şi de comandă se aplică pe scară largă în tehnică şi în cele mai variate domenii ale ştiinţei. Se dezvoltă mai amplu metoda analogiilor dintre organismele vii şi maşini, care conduce la o seamă de rezultate interesante şi utile.

Din referatele, comunicările şi discuţiile de la congres rezultă că există cele mai diferite puncte de vedere asupra ciberneticii, asupra limitelor şi asupra dezvoltării ei viitoare, precum şi asupra posibilităţilor maşinilor cu funcţionare automată.

Cibernetica are un obiect de cercetare propriu, iar savanţii propun metode de cercetare încă insuficient dezvoltate în prezent. Cibernetica orientează spre căi de proiectare raţională a unor maşini complicate şi a unor complexe de maşini cu funcţionare automată, considerîndu-le ca pe un întreg, nu ca pe un ansamblu de elemente individuale. Metodele de cercetare statistice ocupă un loc important în cibernetică. Cibernetica contribuie la dezvoltarea acestor metode de cercetare, cu aplicare la problemele care se pun în sistemele de comandă şi control.

Studiind analogiile dintre maşini şi organisme, în particular dintre o calculatoare numerică şi sistemul spinocerebral al omului, cibernetica ne permite să stabilim analogii mai profunde

care, pe de o parte, contribuie la dezvoltarea unor maşini tot mai complexe şi mai perfecţionate, iar pe de altă parte, ne ajută să cunoaştem mai profund activitatea vitală a omului şi a altor organisme. Principiile care acţionează în organismele vii trebuie studiate şi folosite în maşini.

Congresul a făcut bilanţul dezvoltării ciberneticii, a dat posibilitatea unui vast şi rodnic schimb de păreri şi a contribuit, indiscutabil, la progresul acestei noi orientări din ştiinţă şi din tehnică care, aflată abia în stadiul de devenire, va influenţa pe viitor tot mai mult dezvoltarea automatizării în toate ramurile industriei, agriculturii şi transporturilor.

Despre al doilea Congres internațional de cibernetică

(După materialele raportului delegației Academiei de Științe a U.R.S.S.)

I. I. AKSENOV
candidat în științe tehnice

Între 3 și 10 septembrie 1958 s-a ținut la Namur (Belgia) al doilea Congres de cibernetică, organizat de Asociația internațională de cibernetică.

La congres au fost de față delegații și invitați din 27 de țări, în total 300 de persoane, dintre care: Austria — 1 persoană, Belgia — 108, R. S. Cehoslovacă — 7, Elveția — 10, Filipine—2, Franța — 47, R. F. Germană — 5, Guatemala — 1, Izrael — 2, Italia — 15, R. S. F. Iugoslavia — 1, Japonia — 4, Liban — 1, Luxemburg — 2, Marea Britanie — 27, Maroc — 1, Norvegia — 2 R.P. Polonă — 2, Portugalia — 6, R.P. Romînă — 4, Spania — 4, S.U.A. — 24, Suedia — 1, Turcia — 3, R.P. Ungară — 3, U.R.S.S. — 3.

Delegația sovietică a fost formată din trei persoane: Aksenov I. I., director adjunct al Institutului pentru probleme complexe de transport de pe lîngă Academia de Științe a U.R.S.S. (conducătorul delegației), Bazilievski I. I., locțiitorul șefului lucrărilor tehnico-științifice din Biroul de proiectări al Comitetului de Stat al Planificării din U.R.S.S., și Vasiliev R. R., cercetător la Institutul de automatică și telemecanică al Academiei de Științe a U.R.S.S.

În afară de delegații oficiali, au mai participat la congres și invitați.

Congresul s-a deschis la 3 septembrie, orele 10. La deschiderea oficială au ținut discursuri: guvernatorul provinciei Namur, președintele asociației, ministrul Instrucțiunii Publice al Belgiei etc.

La ședințele plenare urmau să fie prezentate 9 referate:

1) J. Diebold: *Efecte economice și sociale ale automatizării.*
2) L. Couffignal: *Știință, tehnică, cibernetică.*
3) O. David: *Cunoașterea directă și cunoașterea prin copie.*

4) S. Bear: *Inoportunitatea automatizării.*
5) F. Peroux: *Dezvoltarea armonioasă a politicii economice și gradul ei de eficiență.*
6) K. Pentzlin: *Cibernetica și științele sociale.*
7) R. Ashby: *Condiția de variabilitate și aplicarea ei la comanda sistemelor complexe.*
8) G. Walter: *Procesul didactic în creierul viu și în mașini.*
9) J. Lemaire: *Cibernetica, un nou mod de gîndire.*

Unele dintre aceste referate au fost înlocuite cu altele ținute în cadrul celor șase secțiuni:

I. *Informația.* Președinte — L. Couffignal (Franța), vice-președinte — S. Bear (Anglia). Secțiunea a ascultat 33 de referate (S.U.A. — 8, Belgia — 6, Franța — 6, R.S. Cehoslovacă — 4, R. P. Polonă — 4, R. P. Romînă — 1, Italia — 1, Izrael — 1, Anglia — 1, Spania — 1, Congo — 1. La această secțiune a fost prezentat și referatul delegatului sovietic I. I. Bazilevski).

II. *Mașini automate.* Președinte — R. Molle (Belgia), vicepreședinte — U. Zelbstein (Franța). În secțiune au fost prezentate 12 referate (Franța — 5, Belgia — 3, S.U.A. — 2, R. P. Ungară — 1, Spania — 1).

III. *Automatizare.* Președinte — R. J. van Egten (Belgia), vicepreședinte — I. Aksenov (U.R.S.S.). Secțiunea a ascultat 9 referate (Belgia — 5, Franța, S.U.A., R.F.G. — cîte 1), între care și referatul lui I. Aksenov, cu tema *Perspectivele aplicării cibernetícii în transporturi.*

IV. *Efectele sociale și economice ale automatizării.* Președinte — J. Diebold (S.U.A.), vicepreședinte — I. Baldini (Italia). Secțiunea a ascultat 7 referate (Belgia — 3, Anglia, S.U.A., Italia și Elveția — cîte 1).

V. *Cibernetica și științele sociale.* Președinte — K. Pentzlin (R.F.G.), vicepreședinte — L. Mehl (Franța). Secțiunea a ascultat 8 referate (Franța — 4, R. P. Polonă, Belgia, Anglia și Italia — cîte 1).

VI. *Cibernetica și biologia.* Președinte — G. Isay (Belgia), vicepreședinte — R. Ashby (Anglia). Secțiunea a ascultat 25 de referate (Franța — 7, Belgia și Anglia — cîte 5, R. P. Romînă — 1, S.U.A. — 2, R.P. Ungară, R.S. Cehoslovacă și Italia — cîte 1).

Expunem în cele ce urmează, foarte succint, subiectul sau conținutul unora dintre referatele prezentate în fața secțiunilor, în forma pe care le-au dat-o autorii lor. Ca material pentru această dare de seamă am folosit, mai ales, rezumatele scurte întocmite

chiar de autori, deoarece delegații U.R.S.S. nu au putut asista în toate secțiunile.

Comunicările și luările de cuvînt din cadrul congresului au arătat că există diverse puncte de vedere, atît asupra definiției și obiectului ciberneticii, cît și asupra legăturii ei cu științele naturii și cu științele umanistice. De aceea, numeroase concluzii și idei exprimate la congres au constituit obiectul unor discuții. Unele referate, îndeosebi cele care s-au ocupat de problema legăturii ciberneticii cu științele sociale, nu corespund, total sau parțial, principiilor fundamentale ale concepției materialiste asupra lumii, fiind bazate mai curînd pe concepții mecaniciste sau idealiste.

În ansamblu însă, la congres a avut loc un schimb de opinii, de rezultate ale cercetărilor și de ipoteze, care s-a dovedit dintre cele mai utile.

În referatul său de sinteză, L. Couffignal și-a expus punctul de vedere asupra fundamentelor ciberneticii. Referatul era o scurtă expunere a cărții autorului, care va constitui primul volum din seria de culegeri „Informație și cibernetică", care se editează sub redacția sa în Franța. După Couffignal, cibernetica nu este nici știință, nici tehnică ; ea este „arta de a conferi unei acțiuni eficiență". Autorul a analizat și a definit mai multe noțiuni ale ciberneticii și s-a ocupat amănunțit de domeniile ei de aplicare.

În lucrările *primei* secțiuni a congresului, locul întîi a revenit comunicărilor din domeniul teoriei automatelor și al mașinilor cibernetice ; o seamă de referate au prezentat rezultate și generalizări noi. Cîteva referate au fost consacrate teoriei informației. Un grup de comunicări a tratat despre elaborarea unor algoritmi, a unor metode de codificare, precum și despre problemele lingvisticii teoretice.

În referatul lui G. Albarella (Italia), a fost prezentată o clasificare a mașinilor cibernetice, propusă de autor. După definiția sa, este cibernetică o mașină care culege, prelucrează și emite informație. Această clasificare este construită pe baza a trei noțiuni : structura mașinii (mecanică, electrică, electronică); tipul programului (vectorial, numeric, analogic, logic) ; modul de funcționare al mașinii (manual, semiautomat, automat, „autogen"). Autorul denumește „autogene" mașinile capabile să-și aleagă singure programul de funcționare și să-l aducă la îndeplinire automat.

Referatul lui J. Sauvan (Franța) a prezentat o teorie a problemei fundamentelor construirii unui aparat metastabil cu numeroase stări staționare. Autorul a descompus funcționarea sistemului în elemente : relațiile cu mediul, selectivitatea, reglajul, elaborarea evaluărilor cantitative ale situației, alegerea acțiunii.

În referat este descrisă schema logică a unui aparat care permite să fie diferențiate 2 048 stări distincte, prezentînd și formele posibile ale utilizării acestui aparat pentru cercetări.

A. Moles (Franța) s-a ocupat de complexitatea și de clasificarea mașinilor. El introduce ca dimensiune universală a mașinilor noțiunea de complexitate, pe care o pune în legătură cu măsura informației realizate de mulțimea elementelor structurale.

După opinia autorului, această definiție a complexității este aplicabilă atît mașinilor mecanice, cît și organismelor vii și societății. De exemplu, aplicată unei uzine, ea dă măsura structurii ei administrative („sociometrice"). Măsura complexității structurii și a funcționării mașinii este propusă de autor drept criteriu pentru clasificarea mașinilor.

R. Rouche (Congo) a expus în referatul său condițiile de decidabilitate pentru un sistem de ecuații booleene și a făcut încercarea de a clasifica aceste sisteme cu ajutorul teoriei grupurilor finite.

I. I. Bazilevski (U.R.S.S.) a prezentat unele rezultate ale cercetărilor din domeniul teoriei funcțiilor logice temporale și din teoria automatelor finite. El s-a ocupat de forma operatorială a reprezentării și a transformării funcțiilor temporale, a dat o metodă generală de rezolvare a ecuațiilor logice temporale implicite.

În continuare, a fost dată definiția analitică a unui automat determinist finit, cu ajutorul unui sistem de ecuații temporale pentru stări și al matricei de tranziții. Referatul a analizat și problema inversă, adică aceea a construirii unui sistem de stări pe baza unei funcții logice date și a expus două metode de transformare a structurii unor automate.

F. Reza (S.U.A.) a analizat, în comunicarea sa, unele proprietăți ale funcției de fidelitate a schemelor de acțiune cu relee, introdusă în lucrările lui Shannon și Moore, și a stabilit limitele pentru coeficienții polinomului funcției de fidelitate, pentru care aceasta devine realizabilă.

În referatul lui F. Svoboda (R.S. Cehoslovacă) a fost expusă o ipoteză despre structura componentelor sistemului nervos și

despre modul acumulării experienței. Autorul a comparat rezultatele obținute cu concepția logicii probabilistice a lui J. von Neumann.

R. Elliot (S.U.A.) s-a ocupat de procedeele pentru mărirea vitezei de funcționare a analizorilor diferențiali numerici și a propus o structură de mașină analogică numerică pentru rezolvarea ecuațiilor integro-diferențiale liniare și neliniare. Mașina sa folosește metoda probelor și îmbină proprietățile unei mașini numerice cu ale uneia analogice.

J. Zeman (R.S. Cehoslovacă) și-a consacrat comunicarea problemei informației, entropiei și timpului în teoria cunoașterii. El a analizat gradul de organizare și de dezordine (entropia) în sistemele fizice și la animale. Creșterea informației în procesul evoluției cunoașterii este apreciat de autor ca o mărire a ordinii. Autorul a analizat concepția timpului fizic și a celui logaritmic, timpul logaritmic fiind, după părerea autorului, cel mai comod pentru descrierea creșterii informației în conștiința noastră, creștere posibilă datorită memoriei și acumulării de experiență. Memoria este considerată ca ansamblu al cunoștințelor omului sau societății. Autorul confruntă noțiunea de memorie cu categoriile spațio-temporale ale lui Minkowski și descrie modelul unei memorii absolute. Zeman a subliniat legăturile dintre informație și entropie în cunoaștere. În procesul evoluției, cunoașterea se apropie asimptotic de cunoașterea absolută. Cu tot caracterul lor discutabil, ideile autorului prezintă interes ca o încercare de aprofundare filozofică a noțiunilor ciberneticii și ale teoriei informației.

Referatul lui S. Chang (S.U.A.) a fost consacrat problemelor teoriei transmiterii mesajelor. Autorul a expus o demonstrație a teoremei Shannon-Feinstein generalizate pentru sisteme de transmitere a informației cu perturbații, în condițiile unei conexiuni inverse și ale unei memorii finite, dînd și o formulă pentru calculul vitezei de transmitere a mesajelor în acest caz.

A. Rorive (Belgia) a propus cîteva evaluări pentru conținutul energetic al informației. După părerea autorului, o unitate de informație conține o cantitate de energie foarte mică, de ordinul a 10^{-14} — 10^{-16} W/s. Tot infimă este eficiența (randamentul) mijloacelor pentru transmiterea informației (de ordinul a 10^{-9}). Autorul a exprimat părerea că natura energiei informației structurale urmează abia să fie definită.

M. Valach (R.S. Cehoslovacă) s-a ocupat, în referatul său, de probleme ale teoriei informației în natura vie și în cea nevie,

analizînd noțiunile de sistem închis, de model și de îmbinare a acestora cu ajutorul unui sistem de semnale.

Referatul lui P. Hammer (S.U.A.) a pus problema posibilității de a crea o structură simbolică optimă pentru transmiterea mesajelor în societatea umană și a expus unele considerații asupra metodelor de perfecționare a structurilor simbolice existente (în lingvistică și în logica matematică). Autorul a cercetat posibilitatea unei mai complete utilizări, în acest scop, a organelor de simț și a memoriei omului.

M. de Grolier (Franța) a făcut încercarea de a analiza unele probleme de codificare legate de utilizarea mașinilor în cercetarea informației și în traducerea de documente. Autorul consideră rațional să se creeze un „limbaj intermediar", care să asigure traducerea documentelor în mai multe limbi. În aceeași ordine de idei, el a pus problema elaborării unui limbaj științific universal.

În referatul lui H. Lakin (S.U.A.) au fost expuse concepții după care, potrivit părerii autorului, se poate alege procedeul de codificare a informației și de elaborare automată a programelor pentru comanda mașinilor-unelte. „Manuscrisul" inițial, întocmit de om, este transformat apoi de către o mașină numerică rapidă în program pentru comanda unei mașini-unelte concrete sau a unui agregat concret.

M. Jones (S.U.A.) a comunicat experimente de programare a unor jocuri pentru o mașină de calcul numerică.

Comunicarea lui R. Solomonoff (S.U.A.) s-a ocupat de problemele mecanizării predării limbilor. Cu aplicare la această problemă, autorul a expus o metodă de raționament deductiv pentru punerea în evidență a corectitudinii gramaticale și a succesiunii cuvintelor într-un mesaj.

Referatul lui Y. Bar-Hillel (Izrael) a relevat unele dificultăți lingvistice care apar la traducerea automată. Autorul arată că, în ultimii ani, progresul în domeniul traducerii automate a fost foarte modest. Modelul de structură lingvistică a limbii, utilizat în cadrul traducerii automate, s-a dovedit insuficient. Tot nesatisfăcătoare s-a arătat a fi metoda de descompunere automată și sintactică, bazată pe același model, propusă de autor. Bar-Hillel a expus un nou model de structură sintactică și a analizat aspectele aplicării ei în descompunerea sintactică a mesajelor.

M. Carton (Belgia) a expus un procedeu de mecanizare a reprezentării metodelor geometrice. Metodele geometrice, inclusiv formele lor cele mai generale, pot fi reduse, după părerea

autorului, la algoritmi aritmetici. Atunci, orice teoremă poate fi exprimată și demonstrată prin metode matematice susceptibile de automatizare. Autorul a relevat oportunitatea construirii unei mașini pe baza noțiunilor și a reprezentărilor geometrice.

În referatul lui H. Ryffert (R.P. Polonă) a fost analizată o metodă pentru obținerea spectrelor de vibrație nestaționare instantanee și perceptibilitatea lor pentru urechea omului.

L. Johnes (S.U.A.) s-a ocupat, sub aspectul teoriei informației, de inexactitățile sistemelor de comandă, determinate de reț'neri temporale necompensate și de problema compensării erorilor temporale.

În referatul lui L. Challier (Franța) era descris un nou aparat: sonograful. Autorul a comunicat și cele mai recente rezultate obținute în domeniul analizei vibrațiilor elementelor fonetice ale limbajului.

În lucrările secțiunii *a doua* au fost tratate problemele teoriei diverselor dispozitive automate, ale comenzii mașinilor-unelte după program, ale modelării sistemelor de telecomandă și mijloacelor de protecție programate, ale dispozitivelor automate de la căile ferate etc.

În referatul *Automatica și controlul calității*, R. Molle (Belgia) a arătat că noțiunea de automatică este adesea mărginită la sistemul de dispozitive care efectuează anumite operații, de exemplu prelucrarea unor piese. Pentru automatizarea completă, orice mașină automată trebuie să fie dotată cu dispozitive pentru controlul calității. În cazul abaterilor de la normă, trebuie ori să fie oprit procesul de producție, ori să fie îndepărtate din produsele finite exemplarele de rebut. Controlul trebuie să fie automat. R. Molle s-a ocupat apoi de unele particularități ale controlului automat.

În referatul lui F. Garcin (Franța), *Morfocinetica ușurează aplicarea automaticii*, s-a relevat că majoritatea diverselor lucrări efectuate în serii mici necesită prezența permanentă a omului. Adaptarea mișcărilor muncitorului la formele de muncă necesare devine obiectul unei științe noi, morfocinetica. Varietatea diverselor subtilități în muncă, care îi cer omului să gîndească, nu constituie o piedică în calea aplicării practice a automaticii.

C. Lauret (Franța) a comunicat, în referatul *Cele mai recente realizări ale Societății naționale de căi ferate din Franța în domeniul automatizării*, rezultatele cercetărilor și ale măsurilor practice din domeniul automatizării dirijării circulației pe căile ferate ale Franței. Autorul a relevat lucrările din domeniul

teledirijării locomotivelor (în particular, prin radio) și al automatizării comenzii acelor și semnalelor prin dispozitive cu program. În referatul său, autorul a subliniat sarcina de a se crea un trafic feroviar complet automatizat.

C. Raymond (Franța) s-a ocupat de problemele folosirii electronicii în semnalizările feroviare.

Referatul lui H. von Foerster (S.U.A.) *Unele particularități ale calculului mașinilor de calcul biologice* a fost consacrat „mașinilor de calcul biologice" (o clasă de sisteme) constînd din componente elementare (neuroni artificiali) cu fidelitate joasă, care au însă o organizare complexă, astfel că sistemul funcțional manifestă trăsături de „activitate intelectuală". Autorul a analizat fundamentele teoriei statistice legate de fluxurile de informație într-un sistem cu conexiune nespecifică, precum și proprietățile unui lanț de neuroni artificiali.

L. Kalmar (R.P. Ungară) a expus un nou principiu de construcție a mașinilor logice cu utilizarea căruia a fost construită o mașină logică la Seghedin.

M. Lopez del Castillo a vorbit, în referatul *Jucătorii automați ai lui Torrez Quevedo*, despre automatele create la începutul secolului al XX-lea de Torrez Quevedo. Jocul se face cu 28 de bile și constă în aceea că fiecare partener trebuie să ia 1—6 bile de fiecare dată. Cîștigă jucătorul care ia ultima bilă. Se analizează și se evaluează următoarele cazuri: jucătorii nu cunosc jocul și nu sînt niciodată capabili să-l învețe; partenerul *A* nu va învăța niciodată să joace, pe cînd *B* va învăța după un număr de partide; ambii parteneri vor învăța să joace, dar nu în același timp; ambii parteneri vor învăța să joace concomitent; ambii parteneri știu să joace. Sînt descrise mecanismele jucătorilor automați.

În referatul *Limbajul, logica, învățarea și mașinile de calcul*, J. W. Carr (S.U.A.) a arătat că mașinile electronice de calcul se folosesc cel mai frecvent nu pentru lucrări de calcul, ci pentru rezolvarea unor probleme logice. Autorul pune problema creării unui sistem general de simboluri — un limbaj al mașinilor — pentru schimbul de informație între diverse mașini. Mai departe, Carr s-a ocupat de problemele teoriei învățării. În trecut, acest domeniu era studiat numai de psihologi. Acum, mașina de calcul a permis, pentru prima dată, ca procesele de învățare să fie și „sintetizate", nu numai analizate.

La secțiunea *a treia* au fost tratate problemele automatizării producției în serviciile poștale, a proceselor tehnologice din industria de mobilă, din transportul feroviar etc.

În referatul lui R. van Egten (Belgia) s-a arătat că automatizarea poate fi acceptabilă numai în cazul cînd ea îmbrățișează atît procesele principale, cît și pe cele auxiliare. Automatizarea parțială nu exercită nici un fel de influență asupra productivității de ansamblu a întreprinderilor. Problema automatizării complete trebuie rezolvată la un înalt nivel științific.

A. Gonzales del Valle (Spania) a expus, în referatul *Un proiect cibernetic de structură izostatică*, problemele utilizării izomorfismului dintre circuitele electrice și sistemele izostatice în echilibru, pentru crearea unui model electric de sistem izostatic, în care toate variațiile apar ca variații ale intensității, acestea fiind utilizate în procesul cibernetic pentru nevoile comenzii și controlului. Modelul găsește singur starea minimului de intensitate, corespunzător greutății minime a structurii, și este capabil să satisfacă condiții de funcționare dinainte date.

Referatul lui I. I. Aksenov (U.R.S.S.) a analizat perspectivele aplicării ciberneticii în transporturi, unde automatizarea poate fi utilizată pe scară largă. Autorul a citat și a descris patru sfere principale (planificarea, organizarea circulației, conducerea operativă și statistica), în care metodele și mijloacele ciberneticii pot avea un important efect și pot crea condiții calitativ noi pentru funcționarea transporturilor.

Elemente de reglaj automat al diverselor procese se folosesc de mult în transporturi (autoblocajul, autoreglajul etc.). În prezent, trebuie făcut un pas nou și mai important, prin aplicarea tehnicii de calcul și de comandă moderne, precum și a metodelor matematice.

Ch. Robba (R.F.G.) a arătat, în referatul său, luînd ca exemplu industria de mobilă, posibilitățile introducerii practice a automatizării în întreprinderile cu producție în serie mijlocie. Introducerea automaticii are loc succesiv, fără perturbarea programului principal al uzinei. Industria de mobilă din R.F.G. nu era nevoită să mărească producția, dar din 3 în 3 luni ea trebuia să fabrice modele noi cu utilizarea pe scară largă a materialelor chimice. De aceea, automatizarea a fost considerată ca un mijloc pentru reducerea cheltuielilor și pentru îmbunătățirea calității, nu pentru mărirea producției. Autorul a menționat că, în această ramură a industriei, se folosește forță de muncă nu prea calificată. Pentru automatizarea comenzii a fost utilizată

aici o bandă de magnetofon obișnuit cu două piste, care transmitea comenzile printr-un megafon, stabilind ordinea lucrărilor, repartiția semifabricatelor și regimurile lucrărilor mai complicate, în special pentru lăcuirea diverselor mase plastice.

În secțiunea *a patra* au fost ascultate și discutate referate despre efectele economice și sociale ale automatizării.

W. S. Buckingham (S.U.A.) a definit, în referatul *Unele rezultate economice ale automatizării*, noțiunea de automatizare, susținînd că factorul hotărîtor al economicității introducerii automatizării constă în ritmul ei de creștere.

Dintre concluziile principale ale referatului, menționăm:

a) automatica exercită o influență profundă asupra structurii și funcțiunilor conducerii. Trebuie elaborată o nouă teorie a conducerii, care să se bazeze pe contopirea organică a principiilor tehnologice cu cele economice;

b) este greu de definit precis influența automaticii asupra volumului investițiilor de capital și asupra stabilității economice a producției [1].

Referatul se încheie prin propunerea de a se adopta o nouă teorie a organizării, în care utilizarea automaticii în scopul creării unei poziții preferențiale pentru o întreprindere anumită este pusă în legătură cu dezvoltarea unor noi metode destinate să îmbine obiectivele finale ale firmei cu exigențele politicii economice.

I. Baldini (Italia) s-a ocupat de consecințele financiare ale automatizării. El a tratat diverse detalii ale finanțării diverselor firme industriale în perioada automatizării și a citat cazuri concrete legate de aceasta.

Autorul stabilește următoarele principii:

a) amortizarea rapidă a întreprinderilor existente, ca urmare a introducerii automaticii;

b) imposibilitatea de a adăuga costurile efective din cadrul noii producții la prețul de cost al sistemelor existente, ceea ce face să apară necesitatea de a considera aceste cheltuieli drept pierderi irecuperabile;

c) finanțarea noilor sisteme nu admite posibilitatea de a recurge la investiții de capital pe termen lung, ci numai la investiții de capital pe termene mijlocii, ceea ce este determinat de necesitatea amortizării foarte rapide a cheltuielilor legate de automatizare;

[1] Evident, autorul se referă la producția capitalistă *(N.A.)*.

d) trebuie prevăzut un procent suficient la capitalul investit în întreprinderile productive în legătură cu automatizarea, dat fiind riscul determinat de operațiile sus-amintite de creditare a automaticii. Aceasta devine posibil datorită reducerii cheltuielilor tehnologice de producție. În viitor, afirmă autorul, va apărea necesitatea garanțiilor statului la scară mai mare decît în prezent.

După Baldini, problema finanțării automatizării nu este atît de dificilă ca problemele tehnice și sociale.

M. Tchikaloff (Elveția) a prezentat comunicarea *Punctul de vedere al unui medic asupra automatizării*. După părerea autorului, pe măsura dezvoltării automatizării, medicii, ca și sociologii și inginerii, se vor afla în fața unui mare număr de probleme. Restructurarea tehnologiei, care va necesita noi complexe de mașini, se va răsfrînge asupra stării fizice și psihice a muncitorilor. Vor apărea tulburări neurovegetative și nevroze determinate de dificultatea adaptării la o activitate care cere alte calități (o viteză mult mai mare a reflexelor), de dificultatea adaptării la noile condiții de muncă și de viață.

Ch. W. Olliver (Marea Britanie) a relevat deficitul de tehnicieni din Franța. În aceste condiții, instruirea tineretului în domeniul științei și al tehnicii va fi, după opinia sa, o măsură insuficientă. În producție sînt ocupați numeroși tehnicieni și ingineri cu temeinice cunoștințe teoretice și practice, dar unii dintre ei trebuie reinstruiți. Noile discipline, în particular automatica, vor impune neapărat recalificarea specialiștilor, din care cauză este logic ca oamenii de pe acum bine pregătiți din punct de vedere tehnic să aibă posibilitatea de a dobîndi cunoștințele suplimentare necesare fără a pierde prea mult timp cu aceasta.

În secțiunea *a cincea* au fost cercetate problemele legăturii dintre cibernetică și științele sociale.

R. Goldacre (Marea Britanie) a prezentat o comunicare cu tema *Poate oare mașina să creeze un obiect de artă?*

Studiul artei din diverse perioade istorice a arătat că ea este, după părerea autorului, expresia unei laturi a psihologiei sociale a fiecărei perioade, deoarece arta este „pentru societatea umană același lucru ca dorințele individului pentru psiholog". Munca artistului este acceptată de membrii societății dacă ea servește ca expresie a „impulsurilor" lor comune.

Referentul a arătat că a fost construit un dispozitiv de calcul electronic în care, în procesul interacțiunii subansamblelor lui, rămîn după fiecare operație diverse resturi de sarcină pe condensatori, care pot influența comportarea ulterioară a dispozitivului. Aceste sarcini, afirmă autorul, prezintă o oarecare analogie cu tensiunile vestigiale ale animalelor. De aceea, ele pot fi folosite pentru punerea în funcțiune a unei alte mașini, a cărei funcționare va fi, astfel, o expresie a activității artistice a primei mașini și un produs al acesteia.

Deși produsul obținut nu este neapărat „frumos" și deși problema nu poate fi considerată nicidecum ca definitiv soluționată, experimentările cu mașina descrisă în referat vor arăta, după părerea autorului, cu ce anume trebuie să se înceapă.

A. Rorive (Belgia) a afirmat, în referatul *Teoria informației și structura societății*, că informația este entropie negativă. Entropia pozitivă este echivalentă cu lipsa informației. Informația structurală și cea metrică sînt interdependente, informația structurală fiind legată energetic de sistemul cercetat.

Structura societății umane poate fi exprimată — după opiniile acestui autor — prin legi fizice, care se formează în condițiile aplicării informațiilor metrice și structurale, într-un anumit raport. Concepția de model al societății necesită utilizarea unor mașini cu o capacitate de 10^{12} informații pe secundă.

După părerea autorului, istoria (societății) nu poate fi considerată ca rezultat al acțiunii unor legi instituite de anumiți indivizi care acționează după bunul lor plac; ea trebuie considerată ca rezultat al acțiunii comune a cauzelor în direcția creșterii informației structurale în societate. Această informație structurală determină o anumită unitate a conștiinței indivizilor din societate [1].

G. Cohen (Maroc) a afirmat, în referatul *Cibernetica și analiza operațiilor*, că scopul acestei științe a constat în studiul comportării omului și în pregătirea lui pentru adoptarea unor decizii, ceea ce a condus la cercetarea în comun a sistemelor complexe „oameni-mașini".

Autorul consideră recomandabilă reunirea în grupuri a cercetătorilor cu cunoștințe în domeniul automaticii și al psihologiei, al sociologiei și al fiziologiei. Astfel de grupuri se vor dovedi deosebit de valoroase în cercetările mai fine și mai complicate referitoare la comportarea omului. În legătură cu aceste cercetări apar și probleme dificile ca pragul sensibilității, perioada de reacție și stabilitatea.

[1] Această interpretare a fenomenelor sociale este absolut inconsistentă din punctul de vedere științific al marxismului *(N.A.)*.

L. Mehl (Franța) a analizat, în referatul *Elemente ale teoriei cibernetice a conducerii*, problema administrației din punct de vedere cibernetic. Potrivit părerii autorului, misiunea conducerii societății poate fi asemuită cu funcțiunea de reglare sau control al activității societății în conformitate cu scopurile stabilite de autoritatea politică. Mehl susține că structura administrației constă din organe legate prin linii de comunicație prin care se transmite informație. Activitatea administrativă constă mai ales în transformarea informației. Această concepție cibernetică asupra conducerii este aplicabilă nu numai la guvernarea societății, ci și la conducerea unei întreprinderi.

In referatul *Cibernetica și dreptul*, S. Levy (Franța) pune problema: „Poate oare cibernetica să fie folosită în științele juridice?" Autoarea este de părere că cibernetica poate interveni și trebuie chiar să fie folosită în crearea legilor și în aplicarea lor.

Un act juridic poate fi descompus în trei părți: crearea legii, crearea dreptului, care constă în a găsi principiile și sensul legii, și aplicarea legii, adică trecerea de la principii la realitate. Aplicarea legii s-a realizat pînă acum conform principiilor gîndirii filozofice sau științifice, ceea ce nu a dat totdeauna rezultate reușite. Juriștii trebuie să facă față unor situații care devin tot mai complicate, din cauza complexității organizării și a ritmului vieții societății contemporane.

După opinia referentei, cibernetica este capabilă să rezolve problema. Autoarea a luat un caz concret de aplicare a cibernetici în principiul responsabilității pentru un accident de automobil. Ea și-a exprimat speranța că acest experiment, bazat pe un mare număr de exemple, va permite să se aleagă o metodă mai generală de aplicare a ciberneticii în domeniul dreptului.

G. Foddi (Italia) a expus, în referatul *Cultura mașinilor cibernetice*, structura acestor mașini, subliniind marea lor importanță din punctul de vedere al posibilității de a servi ca model al organismului viu sau al oricărui alt sistem. După părerea autorului, este mult mai important că aceste mașini ne arată cum putem construi prin variații și combinații o organizare asemănătoare cu o mașină cibernetică, adică să creăm o metodă cibernetică.

Autorul propune să studiem dezvoltarea societății „din punctul de vedere al ciberneticii".

Secțiunea *a șasea* a discutat problemele legăturii dintre cibernetică și biologie.

R. Tarjan (R.P. Ungară) a prezentat referatul *Neuronii automați*, în care arată că prin dispozitivele de calcul numerice, construite în prezent, se pot rezolva numai probleme logice de tip deductiv. Pentru posibilitatea de a rezolva probleme de tip inductiv, adică pentru construirea unei demonstrații matematice, este nevoie de inferențe întemeiate. Ca bază a acestora servesc asociațiile, caracterizate prin perceperea nemijlocită a asemănărilor. Autorul începe prin definirea asemănării pe baza teoriei dimensiunilor. In referat se arată că din principalele organe cu proprietățile cele mai importante ale rețelelor neuronice reale se pot construi „neuroni automați activi", cu ajutorul cărora putem elabora o reprezentare asupra unor obiecte în ansamblu.

Particularitățile individuale ale obiectului sînt reprezentate, în acest caz, de subdiviziuni corespunzătoare ale rețelelor. Sînt analizate unele rezultate ale formării acestor rețele.

A. Svoboda (R.S. Cehoslovacă) a anunțat, în referatul *Modelarea instinctului de conservare*, că au fost construite numeroase modele de comportament complex al animalelor. Instinctul de conservare constituie una dintre principalele particularități ale activității lor vitale. Autorul a analizat un experiment efectuat cu scopul de a se construi un sistem fizic care să reproducă comportamentul unui animal ce reacționează la stimulii externi cu scopul de a-și conserva viața. După părerea referentului, ne putem imagina sistemul sub forma unui mic dispozitiv comandat de o calculatoare automată. Organul de comandă este protejat împotriva defecțiunilor de un mecanism special, care permite să se pună în evidență nu numai perturbările din funcționarea acestui organ, ci și să se lichideze influența acestei perturbări asupra funcționării lui. Modelul va reacționa la stimuli defavorabili activității sale.

R. Goldacre (Marea Britanie) a prezentat referatul *Morfogeneza și transferul informației de la o celulă la alta*. Autorul afirmă că creșterea și dezvoltarea ovulului fecundat este legată de transferul substanțelor necesare de la o celulă la alta. Contactul direct dintre membranele celulelor joacă un rol extrem de important sub acest aspect în stadiile timpurii ale evoluției. Tegumentele celulelor canceroase sînt diferite de ale celor normale și această modificare este cauza pentru care celulele canceroase scapă controlului nostru. Analiza proprietăților unui grup de celule care comunică între ele poate arăta cum se naște varietatea din uniformitate. După concepția autorului, aceasta

se poate vedea cu ajutorul unui model electronic, format din subansamble individualizate (celule), capabile să excite alte celule și, la rîndul lor, să fie excitate de acestea. Unind între ele, pe diverse căi, sus-menționatele subansamble (celule), putem obține diverse modele de complexe, interesante pentru morfogeneză.

Așadar, cu ajutorul interacțiunii corespunzătoare a celulelor putem reglementa procesul de dezvoltare. Metoda prin care celulele se pot uni unele cu altele rezultă din structura suprafeței lor, determinată de gene.

F. Campbell, J. Robson și G. Westheimer (Anglia) s-au ocupat de reacția ochiului la îndepărtarea și la apropierea obiectului examinat. Variația pupilei sub acțiunea stimulilor vizuali a fost studiată ca exemplu de sistem de reglare (control), care se întîlnește în biologie. După părerea autorilor, chiar descrierea completă a unui sistem atît de simplu ca acest mecanism al reglării ochiului prezintă o problemă mai complicată decît cele de care se ocupă în prezent cibernetica.

În referatul *Unele conexiuni în sistemul intrare-ieșire observate în experimente de percepere a vorbirii*, F. S. Cooper, A. M. Liberman, K. S. Harris și P. M. Grubb (S.U.A.) afirmă că există o legătură între perceperea auditivă și vizuală a vorbirii, ceea ce este confirmat de utilitatea studiului fonogramelor ca vorbire vizibilă. Semnalele vizuale se cifrează la „intrare", ca înregistrare sonoră (fonogramă).

Această interdependență asigură analiza și sinteza lucrărilor experimentale fundamentale din domeniul „semnalelor" acustice, prin care percepem vorbirea. Una dintre concluziile referatului este că „unitățile" structurale ale vorbirii se pot compune din elemente mai mici care, îmbinîndu-se ca un mozaic, creează modelul fonetic al vorbirii. „Semnalele"-unitate se descriu cel mai simplu în termenii articulării, și nu în termeni acustici, ceea ce atestă existența unui proces de articulare, intermediar în perceperea vorbirii.

Această interpretare permite orientarea atenției cercetătorilor de la perceperea vorbirii de către ascultător la generarea ei de către locutor. Procesele de generare a vorbirii, descrise în termeni ai semnalelor nervoase sau ai potențialelor acțiunii musculare, pot da, după opinia autorilor, o descriere mai clară a „unităților" vorbirii și, eventual, a perceperii ei.

L. J. Fogel (S.U.A.) a prezentat referatul „O concepție nouă", unde analizează combinarea într-un întreg a aparatelor de comandă și a indicatorilor care semnalizează producerea amețelii.

D. J. Stewart (Marea Britanie) a comparat, în referatul *Cercetarea automată a relațiilor dintre om și mașină*, funcționarea unui automat cu munca unui om. Inițial, autorul a considerat această comparare drept o metodă pentru precizarea problemei dacă „mașinile de calcul se pot comporta intelectual". La Liverpool s-a construit o mașină destinată să cerceteze munca unui operator. Mașina comandă singură desfășurarea experimentului debitează automat stimuli operatorului într-o ordine arbitrară și înregistrează atît stimulii, cît și reacția omului, pentru analiza lor ulterioară. Dezvoltarea teoriei relațiilor dintre om și mașină va contribui la rezolvarea unor probleme practice din industrie. Relațiile dintre operator și mașină pot fi considerate ca un caz particular al relațiilor dintre om și mediu.

G. Pask (Anglia), în referatul *O mașină didactică și alte sisteme de comandă care interacționează cu operatorii*, consideră pe omul operator ca pe un sistem „nestaționar" particular. „Nestaționaritatea" este, în primul rînd, o consecință a capacității operatorului de a învăța. Căutarea unei metode mai eficiente de instruire constituie un caz special de cercetare a unui model de operator, capabil să prevadă acțiunile acestuia.

Într-un alt referat, *Procesul de creștere*, G. Pask afirmă că noțiunea de creștere implică probleme ca „învățarea" (în psihologie) și „extinderea" (în economie), care se adaugă la noțiunea cunoscută de creștere a celulelor și a embrionilor, folosită în biologie. Autorul arată că Stafford Bear consideră necesară interpretarea organicistă a ciberneticii. Orice încercare de a rezolva mecanicist, adică, prin aplicarea unor analogii mecanice, problema creșterii, este inconsistentă și ridică noi probleme nelegate direct de această temă.

J. Polonski (Franța) a prezentat referatul *Unele considerații în legătură cu aspectul fizic al vieții*. Pe baza realizărilor biologiei, chimiei, fizicii și ciberneticii, autorul propune o ipoteză conform căreia limita fizică între viu și mort ar putea fi definită în funcție de prezența sau de absența în celulă a „regimului oscilatoriu de ordin electric". Autorul dezvoltă ideea modului în care condițiile de întreținere a oscilațiilor ar putea fi satisfăcute în celula vie și a modului în care s-ar putea explica, în lumina acestei ipoteze, unele fapte confirmate de experimente din domeniul biologiei.

J. Sauvan (Franța) a vorbit despre *Stimularea comportamentului instinctiv*. Mașina metastabilă, prezentată de autor, a fost proiectată exclusiv cu scopul de a pune în evidență funcțiunile activității cerebrale. Deși această mașină constituie doar o mică parte dintr-un agregat considerabil mai mare, ea a putut fi folosită pentru studiul unor acțiuni instinctuale. Dispunem de o ipoteză comună pentru fapte din trei categorii, referitoare la acțiunea instinctuală, funcționarea organelor și acțiunea particulelor genetice, a spus autorul. Acum se fac experimente biologice bazate pe acestă ipoteză.

G. Isay (Belgia) a expus referatul *Cibernetica și metoda de gîndire*. Potrivit părerii autorului, există două categorii de probleme:

a) trecerea de la ordinul gîndirii la ordinul sensibilității exterioare (probleme practice);

b) trecerea de la ordinul sensibilității la ordinul gîndirii (interpretare).

Rezolvînd probleme practice, specialistul în domeniul cibernetici încearcă să construiască dispozitive (din materiale anorganice) a căror comportare să fie asemenea comportamentului plantelor, animalelor, omului, deși comportamentul acestuia din urmă depinde de intențiile sale (gîndire).

Autorul pune, apoi, următoarele întrebări: „Cum să ghicim prin datele simțurilor intențiile unui om și de ce nu ar putea o mașină să reproducă aceste date?", „Poate oare un cibernetician să construiască un om din materiale anorganice?"

D. Challier (Franța) încearcă, în referatul *Cibernetica și viața psihoneuropatologică* să dea o explicație unui șir de fapte tipice care au loc în viață în genere, precum și în domeniul psihologic, patologic, al instinctului etc.

H. Seuntjens (Belgia) a expus referatul *Un aparat elementar de valorizare biologică*. Prin cuvîntul „valorizare", autorul înțelege procesul de transmitere a informației și de transformare a mediului, conceput într-un sens larg.

În comunicarea lui A. Masturzo (Italia) „O schemă cibernetică pentru combaterea reumatismului" este prezentat un sistem de luptă împotriva reumatismului, construit după metodele cibernetici. Pentru a combate eficient reumatismul pe o scară mai largă, s-a dovedit importantă crearea unor organe de informație și execuție. Conexiunea inversă permite să se controleze acțiunile pentru realizarea măsurilor terapeutice și concordanța măsurilor cu desfășurarea procesului patologic. Autorul este de părere

că aplicarea ciberneticii în științele sociale și biologice va aduce foloase imense.

H. Vallet (Franța) a analizat, în referatul *Cibernetica și psihofiziologia*, problemele reproducerii artificiale în modele a unor fenomene psihologice, care se observă la animale, în particular, formarea reflexelor condiționate.

În referatul *Anticiparea în mișcările omului*, C. Penescu (R. P. Romînă) exprimă ideea că acțiunile (mișcările) omului se realizează automat și că automatele construite imită reacțiile omului. De aceea, teoria automatelor este aplicabilă la studiul acțiunilor omului. În încheiere, autorul arată că putem înlocui prin aparate organele lezate ale organismelor vii.

A. Remond (Franța) a expus referatul *Etalonarea succesivă a tensiunilor variabile și etalonarea simultană a unei mulțimi de tensiuni în electrofiziologie*. Autorul subliniază că numeroase fenomene electrofiziologice sînt mult prea slabe pentru a se putea face cercetări satisfăcătoare cu ajutorul posibilităților limitate ale amplificării obișnuite.

Tehnica modernă caută să ocolească această dificultate prin eliminarea sau, mai curînd, prin atenuarea efectului zgomotului de fond din diverse sisteme utilizate pentru punerea în evidență a acestor fenomene. Sînt analizate procedee pentru îmbunătățirea raportului „semnal-zgomot" din aparate, prin aplicarea unor metode statistice. Sistemul bazat pe acest principiu a fost elaborat pentru mărirea sensibilității metodelor electroencefalografice.

În comunicarea lui V. Săhleanu și L. Leahu (R. P. Romînă) *Unele probleme ale ciberneticii sistemelor biochimice* se arată că organismul viu este un sistem biologic care se constituie și există mai ales datorită acțiunii semnalelor chimice.

În programul de studiu cibernetic al acestui sistem trebuie să intre următoarele teme: „Studiul semnalelor chimice din punctul de vedere al teoriei informației", „Studiul concret al mecanismelor conexiunii inverse", „Conectări și declanșări de reacții în diversele lor variante" etc.

* * *

Delegația Academiei de Științe a U.R.S.S. a avut posibilitatea de a examina dispozitivele pentru cartarea automată a cores-

pondenței, introdusă în Belgia la oficiile poștale centrale din Bruxelles și Anvers. În 1958, nu erau încă complet terminate montarea dispozitivelor de automatizare și cartare automată a corespondenței, dar ceea ce era construit a permis să se tragă concluzia că acest sistem de prelucrare și cartare a corespondenței este suficient de rațional. Cel mai mare interes l-a prezentat Oficiul poștal central din Bruxelles.

Bruxelles este situat în centrul sistemului de căi ferate și autostrăzi din Belgia. El este punct de expediție și de destinație pentru toate oficiile poștale mobile și se află la 10 km de aeroportul național. Aceste condiții s-au dovedit favorabile pentru centralizarea completă a cartării tuturor expedițiilor poștale. Vechea clădire a oficiului poștal central era destul de apropiată de căile gării. Clădirea avea numai 105 m lungime și 15 m lățime, astfel că era strînsă între liniile ferate și strada Poncy. Pentru a se obține cei circa 18 000 m² de suprafață utilă necesară s-a luat hotărîrea de a supraetaja clădirea. A apărut necesitatea de a se proiecta un sistem complex de transport pe verticală a coletăriei. În acest sistem au fost încorporate o conductă de urcare în nord și o conductă de coborîre în sud. Aceste conducte au fost legate cu fiecare etaj, unde au fost proiectate sisteme de transport orizontale. Astfel, a fost realizată ideea unei prelucrări mecanice sau automate continue a expedițiilor poștale, cu excepția unor anumite puncte, care nu au putut fi automatizate. Sistemul cuprinde benzi rulante cu lungimea totală de 12 km și un sistem pentru controlul lor, la care s-au utilizat 5 500 km de fire electrice.

Pentru cartarea automată a corespondenței se folosesc șase mașini electromecanice, construite de firma Bell.

Dispecerizarea operativă la fiecare etaj al clădirii se realizează de la șase cabine de sticlă așezate la o anumită înălțime. Funcționarul de serviciu are un pupitru electric pentru comanda tuturor mecanismelor și mijloacele de telecomunicație necesare. Astfel s-a obținut o mare unitate și suplețe în conducerea operativă a întregului proces.

Telecontrolul tuturor verigilor mecanice ale atelierului de la etajul IV, precum și al tuturor mijloacelor de semnalizare sonoră și al megafoanelor dispuse în subsol (pe un panou) sînt la dispoziția superintendentului de la etajul V.

Marele interes manifestat în cercurile tehnico-științifice față de problemele ciberneticii și față de aplicarea ei în diversele

ramuri ale economiei și ale științei subliniază importanța acestei noi orientări științifice.

Tematica celui de-al doilea Congres internațional de cibernetică nu a fost limitată, din care cauză gama materialelor prezentate de referenți a fost foarte vastă. Din acest punct de vedere, congresul nu a fost destul de bine raționalizat. Un mare număr de comunicări și referate erau prea puțin legate de problemele propriu-zis cibernetice. Totodată însă, aceasta a permis să se stabilească cît de largi sînt sferele în care se lucrează acum la problemele ciberneticii în diferite țări.

Cuprinsul

S. M. Şaliutin, candidat în ştiinţe filozofice, *Cibernetica şi sfera ei de aplicaţie.* 5

1. Despre obiectul ciberneticii 5
2. Importanţa ciberneticii 23
3. Gîndirea şi procesele de calcul din maşini 49

E. Kolman, doctor în ştiinţe filozofice, *Despre problemele filozofice şi sociale ale ciberneticii.* 75

B. S. Ukrainţev, candidat în ştiinţe filozofice, *Despre posibilităţile ciberneticii în lumina proprietăţii de reflectare a materiei.* 96

A. I. Berg, acad., *Problemele conducerii şi cibernetica* 117

1. De la Lenin pînă în zilele noastre. 118
2. De la mecanizare la cibernetică. 124
3. Despre unele probleme filozofice ale ciberneticii 140

A. V. Hramoi, candidat în ştiinţe tehnice, *Din istoria dezvoltării ciberneticii.* 158

V. A. Ilin, doctor în ştiinţe tehnice, *Unele probleme ale ştiinţei sistemelor de comandă.* 187

V. N. Kolbanovski, profesor, *Despre unele probleme controversate ale ciberneticii.* 199

P. K. Anohin, membru al Academiei de ştiinţe medicale a U.R.S.S., *Fiziologia şi cibernetica.* 230

1. Unele principii particulare ale ciberneticii 231
2. Principiile generale ale ciberneticii şi dezvoltarea lor. 239
3. Funcţiunile aferente ale organismului şi cibernetica. 246
4. Procesele de autoreglare din organism şi cibernetica. 255

5. Cibernetica și teoria reflexului 260
6. Reflexul condiționat și cibernetica 262

V. N. Tipuhin, candidat în științe filozofice, *Cibernetica și munca.* 269

A. A. Feldbaum, candidat în științe tehnice, *Rolul analogiilor în cibernetică.* 281

Anexe

V. A. Ilin, doctor în științe tehnice, *Congresul de cibernetică de la Namur* (Belgia) (Scurtă privire). 291

I. I. Aksenov, candidat în științe tehnice, *Despre al doilea Congres internațional de cibernetică* (După materialele raportului delegației Academiei de Științe a U.R.S.S.). 304

Bibliografie. 325